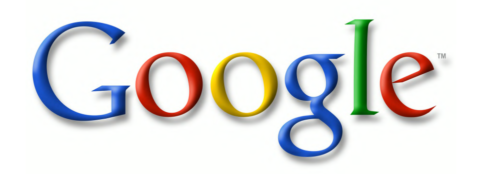
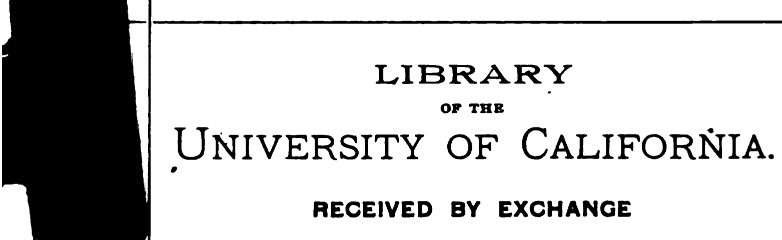







BERKELEY
LIBRARY
UNIVERSITY OF
CALIFORNIA







Sitzungsberichte

der

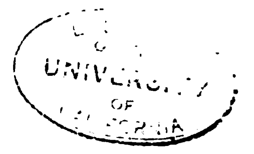
mathematisch-physikalischen Classe

der

k. b. Akademie der Wissenschaften

zu München.

1902. Heft I.



München.
Verlag der k. Akademie.
1902.

In Commission des G. Franz'schen Verlags (J. Roth).

Sitzungsberichte

der

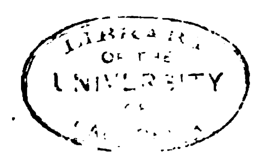
mathematisch-physikalischen Classe

der

k. b. Akademie der Wissenschaften

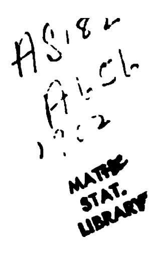
zu München.

Band XXXII. Jahrgang 1902.



München.
Verlag der k. Akademie.
1903.

In Commission des G. Franz'schen Verlags (J. Roth).



Akademische Buchdruckerei von F. Straub in München.

Uebersicht
des Inhaltes der Sitzungsberichte Bd. XXXII
Jahrgang 1902.

Die mit * bezeichneten Abhandlungen sind in den Sitzungsberichten nicht abgedruckt.

Sitzung vom 4. Januar 1902. Seite

Sitzung vom 1. Februar 1902.

Sitzung vom 1. März 1902.

Sitzungsberichte

der

königl. bayer. Akademie der Wissenschaften.

Mathematisch-physikalische Classe.

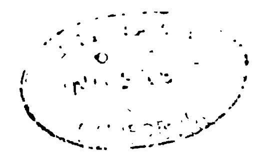
Sitzung vom 4. Januar 1902.

1. Herr FERD. LINDEMANN überreicht eine Abhandlung des Herrn Privatdozenten Dr. LOEWY in Freiburg: „Ueber Differentialgleichungen, die mit ihren adjungirten zu derselben Art gehören.“

2. Herr H. SEELIGER spricht „über die Veränderungen in den Nebeln der Nova Persei.“ Diese vorläufige Mittheilung wird später zur Veröffentlichung kommen.

3. Herr A. v. BAEYER theilt die Resultate seiner neuesten Arbeiten „über die Vierwerthigkeit des Sauerstoffs“ mit, welche anderwärts veröffentlicht werden sollen.

Hieran knüpft Herr FERD. LINDEMANN einige Bemerkungen über die Hypothesen an, welche in der mathematischen Physik in Bezug auf die Constitution der Atome gemacht worden sind.



Ueber Differentialgleichungen,
die mit ihren adjungirten zu derselben Art gehören.

Von **Alfred Loewy.**

(Eingelaufen 4. Januar 1902.)

Herr Gino Fano[1]) hat sich mehrfach mit dem Satze beschäftigt:

Die nothwendige und hinreichende Bedingung dafür, dass die Integrale einer linearen homogenen Differentialgleichung $n$ter Ordnung:

(D) $y^{(n)} + p_1(x) y^{(n-1)} + p_2(x) y^{(n-2)} + \ldots + p_n(x) y = 0$

durch eine Transformation:

$$z = a_0(x) y + a_1(x) y' + a_2(x) y'' + \ldots + a_{n-1}(x) y^{(n-1)},$$

wobei die $a_0(x)$, $a_1(x)$, ... $a_{n-1}(x)$ dem Rationalitätsbereiche, für den die Rationalitätsgruppe betrachtet wird, angehören, in diejenigen der adjungirten Differentialgleichung:

(D_1) $z^{(n)} - (p_1 z)^{(n-1)} + (p_2 z)^{(n-2)} - \ldots (-1)^n p_n z = 0$

übergeführt werden können, dass also (D) und (D_1) zu derselben Art[2]) gehören, besteht darin, dass die Rationalitätsgruppe

---

[1]) G. Fano, Sulle equazioni differenziali lineari che appartengono alla stessa specie delle loro aggiunte. (Atti della R. Acc. di Torino, vol. 34, (1899).) Osservazioni sopra alcune equazioni differenziali lineari. (Rend. della R. Acc. dei Lincei (1899).) Ueber lineare homogene Differentialgleichungen mit algebraischen Relationen zwischen den Fundamentallösungen. Math. Ann. Bd. 53, p. 568.

[2]) Vgl. Ludwig Schlesinger, Handbuch der Theorie der linearen Differentialgleichungen. Bd. II 1, p. 120 und 124.

von (D) aus lauter Transformationen gebildet ist, welche eine bilineare Form:

$$\varphi = \sum_{i=1}^{i=n} \sum_{k=1}^{k=n} s_{ik} y_i z_k$$

von nicht verschwindender Determinante mit cogredienten Variablenpaaren y_i, z_i in sich überführen. Es möge mir gestattet sein, dieses Resultat einerseits für die Theorie der associirten Differentialgleichungen, andererseits für die Differentialgleichungen, denen die Producte der Integrale der vorgelegten Differentialgleichung zu je zweien genügen, zu verwerthen.

§ 1.

Stellen $y_1, y_2, \ldots y_n$ ein Fundamentalsystem von (D) dar, und bildet man:

$$y_{i_1 i_2 \ldots i_m} = \begin{vmatrix} y_{i_1} & y_{i_2} & \ldots & y_{i_m} \\ y'_{i_1} & y'_{i_2} & \ldots & y'_{i_m} \\ y''_{i_1} & y''_{i_2} & \ldots & y''_{i_m} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ y^{(m-1)}_{i_1} & y^{(m-1)}_{i_2} & \ldots & y^{(m-1)}_{i_m} \end{vmatrix},$$

wobei $i_1 < i_2 \ldots < i_m$ und $i_1, i_2, \ldots i_m$ eine jede Combination der Zahlen 1, 2, ... n zu je m bedeuten, so genügen diese $\nu = \binom{n}{m}$ Determinanten einer linearen homogenen Differentialgleichung, die zuerst von Herrn L. Fuchs[1]) untersucht wurde und nach Herrn Ludwig Schlesinger[2]) die n-$m$te associirte Differentialgleichung von $D = 0$ heisst; diese Differentialgleichung soll für das Folgende, wie es im allgemeinen der Fall ist, von der Ordnung $\binom{n}{m}$ angenommen werden. Ist A irgend eine lineare Substitution, welche y_i in $\sum_{k=1}^{k=n} a_{ik} y_k$ $(i = 1, 2, \ldots n)$ überführt, so erleiden die $y_{i_1 i_2 \ldots i_m}$ die n-$m$te associirte Substitution $A^{(n-m)}$, nämlich die $y_{i_1 i_2 \ldots i_m}$ gehen über in

$$\sum_{k_1 k_2 \ldots k_m} a_{i_1 i_2 \ldots i_m k_1 k_2 \ldots k_m} \, y_{k_1 k_2 \ldots k_m},$$

---

1) L. Fuchs, Sitzungsberichte der Berliner Akademie (1888), p. 1115.

2) Ludw. Schlesinger, Handbuch II 1, p. 125.

dabei ist:

$$a_{i_1 i_2 \ldots i_m k_1 k_2 \ldots k_m} = \begin{vmatrix} a_{i_1 k_1} & a_{i_1 k_2} & \ldots & a_{i_1 k_m} \\ a_{i_2 k_1} & a_{i_2 k_2} & \ldots & a_{i_2 k_m} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{i_m k_1} & a_{i_m k_2} & \ldots & a_{i_m k_m} \end{vmatrix},$$

und $k_1 < k_2 \ldots < k_m$ bedeutet eine jede Combination der Zahlen 1, 2, ... n zu je m. Die Theorie der associirten Differentialgleichungen beruht in ihren Grundlagen auf dem Angegebenen und dem Satze, dass die n-$m$te associirte Substitution einer aus zwei Substitutionen componirten Substitution aus den n-$m$ten associirten Substitutionen der beiden Componenten in derselben Reihenfolge zusammengesetzt ist. Ist $A \cdot B = C$, so ist:

$$A^{(n-m)} \cdot B^{(n-m)} = C^{(n-m)}.$$ [1]

Nehmen wir nun an, dass eine Differentialgleichung (D) mit der ihr adjungirten Differentialgleichung zu derselben Art gehört, so führen alle Transformationen der Rationalitätsgruppe von (D) eine und dieselbe bilineare Form φ mit cogredienten Variablenpaaren von nicht verschwindender Determinante in sich über. Die Rationalitätsgruppe der n-$m$ten associirten Differentialgleichung besteht aus den n-$m$ten associirten Substitutionen der Rationalitätsgruppe von (D). Bedenkt man, dass die transponirte Substitution von einer n-$m$ten associirten

[1]) Die obige Formel war, wie ich bemerken möchte, schon Weierstrass im Jahre 1868 bekannt. Vgl. die in Baltzers Theorie und Anwendung der Determinanten (4. Aufl. (1875)) übergegangene briefliche Mittheilung von Weierstrass, die W. an Baltzer anlässlich der Abhandlung über bilineare und quadratische Formen (Monatsberichte der Berliner Akademie, (1868)) machte. Baltzer, a. a. O., p. 55. Es sei noch erwähnt, dass diese Untersuchungen über die associirten Differentialgleichungen mit der Theorie der sogenannten Begleitformen, Concomitanten (Smith) einer bilinearen Form in engstem Zusammenhang stehen. Ich habe im Text statt Begleitform (Bachmann) associirte Form gesetzt. Ueber die Theorie der Begleitformen vgl. man Bachmann's Arithmetik der quadratischen Formen (Leipzig, 1898, p. 389).

Substitution die n-m te associirte Substitution der transponirten Substitution ist, so folgt, dass, wenn:

$$P' \varphi P = \varphi$$

ist, so ist auch:

$$P^{(n-m)'} \varphi^{(n-m)} P^{(n-m)} = \varphi^{(n-m)}.$$

Man erhält also den Satz:

I. Führt eine Substitution P eine bilineare Form φ mit cogredienten Variablenpaaren in sich über, so transformirt die n-m te associirte Substitution von P die n-m te associirte Form von φ cogredient in sich.

Wendet man dieses Ergebniss auf die n-m te associirte Differentialgleichung einer Differentialgleichung, die mit ihrer adjungirten zu derselben Art gehört, an, so ergiebt sich, dass sämmtliche Transformationen der Rationalitätsgruppe der n-m ten associirten Differentialgleichung die bilineare Form $\varphi^{(n-m)}$ in sich überführen. Der Werth der Determinante der n-m ten associirten Form $\varphi^{(n-m)}$ ist die $\binom{n-1}{m-1}$ te Potenz der Determinante von φ. Falls φ eine nicht verschwindende Determinante hat, so trifft dies auch für $\varphi^{(n-m)}$ zu.

Hieraus folgt:

II. Gehört eine Differentialgleichung mit ihrer adjungirten zu derselben Art, so gehören auch alle associirten mit ihren adjungirten zu derselben Art.[1])

Wir betrachten nun den besonderen Fall $n = 2m$ und schreiben die Determinante:

$$\begin{vmatrix} y_1 & y_2 & \dots & y_m & y_{m+1} & \dots & y_{2m} \\ y_1' & y_2' & \dots & y_m' & y_{m+1}' & \dots & y_{2m}' \\ \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots & & \vdots \\ y_1^{(m-1)} & y_2^{(m-1)} & \dots & y_m^{(m-1)} & y_{m+1}^{(m-1)} & \dots & y_{2m}^{(m-1)} \\ z_1 & z_2 & \dots & z_m & z_{m+1} & \dots & z_{2m} \\ z_1' & z_2' & \dots & z_m' & z_{m+1}' & \dots & z_{2m}' \\ \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots & & \vdots \\ z_1^{(m-1)} & z_2^{(m-1)} & \dots & z_m^{(m-1)} & z_{m+1}^{(m-1)} & \dots & z_{2m}^{(m-1)} \end{vmatrix}$$

[1]) Vgl. auch Ludw. Schlesinger, Handbuch II 1, p. 154.

hin; transformirt man in dieser Determinante die $2m$ Variablen einer jeden Zeile cogredient durch Substitutionen mit derselben Matrix P, so multiplicirt sich diese Determinante nur mit der Substitutionsdeterminante von P. Entwickelt man die obige Determinante nach adjungirten Subdeterminanten, so findet man die bilineare Form:

$$(Q) \qquad \Sigma \varepsilon_{i_1 i_2 \ldots i_m k_1 k_2 \ldots k_m} y_{i_1 i_2 \ldots i_m} z_{k_1 k_2 \ldots k_m},$$

wobei $\varepsilon_{i_1 i_2 \ldots i_m k_1 k_2 \ldots k_m}$ die positive oder negative Einheit, $i_1 < i_2 \ldots < i_m$ und $k_1 < k_2 \ldots < k_m$ sämmtliche Zahlen der Reihe 1, 2, ... $2m$ bis auf die Reihenfolge darstellen. $z_{k_1 k_2 \ldots k_m}$ wird aus $z_1, z_2, \ldots z_{2m}$ in analoger Weise wie $y_{i_1 i_2 \ldots i_m}$ aus $y_1, y_2, \ldots y_{2m}$ gebildet. Wendet man die n-$m$te associirte Substitution $P^{(n-m)}$ auf die cogredienten Variablenpaare der bilinearen Form Q an, so multiplicirt sich Q mit der Determinante von P.

Wir denken uns die Rationalitätsgruppe von (D) auf ihre grösste unimodulare Untergruppe reducirt; diese Reduction erreicht man offenbar durch Adjunction der Hauptdeterminante:

$$\Delta(y_1 y_2 \ldots y_{2m}) = \begin{vmatrix} y_1 & y_2 & \ldots & y_{2m} \\ y_1' & y_2' & \ldots & y_{2m}' \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ y_1^{(2m-1)} & y_2^{(2m-1)} & \ldots & y_{2m}^{(2m-1)} \end{vmatrix}$$

zum Rationalitätsbereiche; denn damit $\Delta(y_1 y_2 \ldots y_{2m})$ rational bekannt ist, ist offenbar nothwendig und hinreichend, dass die Determinanten sämmtlicher Transformationen der Rationalitätsgruppe den Werth $+1$ haben. Nach Adjunction der Hauptdeterminante bleibt aber bei den Transformationen der Rationalitätsgruppe für den neuen Bereich die bilineare Form Q ungeändert. Mit Hülfe des im Anfange citirten Satzes von Herrn Fano ergiebt sich der von Herrn L. Fuchs[1]) gefundene und von ihm mehrfach behandelte Satz:

---

[1]) L. Fuchs, Sitzungsber. der Berliner Akademie (1888), p. 1115 ff., sowie ebenda (1899), p. 182.

Die Bemerkung von Herrn Fano in den Atti dell. Acc. di Torino

III. Die $m$te associirte Differentialgleichung irgend einer Differentialgleichung $2m$ter Ordnung gehört mit ihrer adjungirten nach Adjunction der Hauptdeterminante der ursprünglichen Differentialgleichung zu derselben Art.

Nehmen wir nun an, dass schon die ursprüngliche Differentialgleichung mit ihrer adjungirten zu derselben Art gehörte; dann hat wegen:

$$P' \varphi P = \varphi$$

die Determinante von P den Werth ± 1. In diesem Fall ist schon das Quadrat von $\Delta(y_1 y_2 \ldots y_{2m})$ rational bekannt. Um also die Rationalitätsgruppe einer Differentialgleichung, die mit ihrer adjungirten zu derselben Art gehört, unimodular zu machen, genügt schon die Adjunction einer Quadratwurzel zum Rationalitätsbereiche. Nach Adjunction einer Quadratwurzel lässt die Rationalitätsgruppe der $m$ten associirten Differentialgleichung einer Differentialgleichung $2m$ter Ordnung die zwei bilinearen Formen $\varphi^{(m)}$ und Q invariant.

Es ist noch zu zeigen, dass sich $\varphi^{(m)}$ und Q nicht etwa nur um eine multiplicative Constante unterscheiden. Hat man eine bilineare Form

$$\varphi = \sum_{i=1}^{i=n} \sum_{k=1}^{k=n} s_{ik}\, y_i\, z_k,$$

so ist:

$$\varphi^{(m)} = \sum_{i_1 i_2 \ldots i_m} \sum_{k_1 k_2 \ldots k_m} s_{i_1 i_2 \ldots i_m k_1 k_2 \ldots k_m}\, y_{i_1 i_2 \ldots i_m}\, z_{k_1 k_2 \ldots k_m},$$

wobei $i_1 < i_2 \ldots < i_m$ und $k_1 < k_2 \ldots < k_m$ und sowohl $i_1, i_2, \ldots i_m$ wie $k_1, k_2, \ldots k_m$ eine jede Combination der Zahlen $1, 2, \ldots 2m$ zu m bedeuten. Wäre nun $\varphi^{(m)}$ von Q nur um eine multiplicative Constante verschieden, so müsste unter anderem sein:

$$s_{12 \ldots m k_1 k_2 \ldots k_m} = 0,$$

(1899), p. 396 Anmerkung, durch die er den Satz von Herrn Fuchs beweisen will, halte ich nicht für zutreffend; denn die Gleichungen (21) auf p. 142 des zweiten Bandes des Schlesinger'schen Werkes werden für $n = 6$ linker Hand Null ergeben; es wird also die quadratische Form, die Herr Fano benützt, nicht stets existiren.

falls $k_1, k_2, \ldots k_m$ irgend m geordnete von $m+1, m+2, \ldots 2m$ verschiedene Zahlen der Reihe $1, 2, \ldots 2m$ darstellen; hingegen wäre $s_{12\ldots m\,m+1\ldots 2m}$ von Null verschieden. Betrachtet man die m Determinanten:

$$\begin{array}{l} s_{12\ldots m\,1\,m+2\,m+3\ldots\ldots\ldots 2m} = 0 \\ s_{12\ldots m\,1\,m+1\,m+3\ldots\ldots\ldots 2m} = 0 \\ s_{12\ldots m\,1\,m+1\,m+2\,m+4\ldots 2m} = 0 \\ \vdots \\ s_{12\ldots m\,1\,m+1\,m+2\ldots\ldots 2m-1} = 0 \end{array}$$

und entwickelt sie nach den Elementen der ersten Colonne, so folgt, da $s_{12\ldots m\,m+1\ldots 2m}$ und mithin auch die aus den Unterdeterminanten von $s_{12\ldots m\,m+1\ldots 2m}$ gebildete Determinante von Null verschieden ist, dass:

$$s_{11} = s_{21} = \ldots = s_{m1} = 0$$

wird. Analog braucht man nur für die m letzten Zeilen das Verschwinden von $s_{m+11}, s_{m+21}, \ldots s_{2m1}$ zu zeigen. Dann wird gegen die Voraussetzung die Determinante von φ Null; mithin sind $\varphi^{(m)}$ und Q wesentlich verschieden.

Wir haben also den Satz:

IV. Die Rationalitätsgruppe der $m$ten associirten Differentialgleichung einer Differentialgleichung der $2m$ten Ordnung, die mit ihrer adjungirten zu derselben Art gehört, führt nach Adjunction einer Quadratwurzel eine Schaar bilinearer Formen cogredient in sich über.

Eine jede Schaar bilinearer Formen enthält auch eine bilineare Form von verschwindender Determinante; wird aber eine bilineare Form verschwindender Determinante cogredient in sich transformirt, so ist die Gruppe der überführenden Substitutionen stets auf Substitutionen mit einer geringeren Variablenzahl reducibel. Wendet man daher das Criterium von Herrn Beke[1]) für die Irreducibilität einer linearen homogenen Differentialgleichung an, so ergiebt sich:

---

[1]) Beke, Die Irreducibilität der linearen homogenen Differentialgleichungen. Math. Annalen, Bd. 45, p. 289; vgl. auch L. Schlesinger, Handbuch, II 1, p. 106.

V. Die $m$te associirte Differentialgleichung einer Differentialgleichung $2m$ter Ordnung, die mit ihrer adjungirten zu derselben Art gehört, wird nach Adjunction einer Quadratwurzel zum Rationalitätsbereiche reducibel.

Dieser Satz ist auch von Herrn Richard Fuchs[1]) gefunden worden; jedoch fehlt bei ihm die Bemerkung, dass die Adjunction einer Quadratwurzel zum Rationalitätsbereiche unter Umständen nötig werden kann, damit die Differentialgleichung reducibel wird.

Die vorstehenden Betrachtungen lassen sich auch auf Differentialgleichungen zweiter Ordnung anwenden. In diesem Falle $n = 2$, $m = 1$ fällt die Differentialgleichung mit ihrer associirten zusammen. Wir finden also: Jede lineare homogene Differentialgleichung zweiter Ordnung, die mit ihrer adjungirten zu derselben Art gehört, ist nach Adjunction einer Quadratwurzel zum Rationalitätsbereich reducibel, so dass sie durch die Integrale einer linearen homogenen Differentialgleichung erster Ordnung befriedigt wird.[2])

[1]) Richard Fuchs, Ueber lineare Differentialgleichungen, welche mit ihrer Adjungirten zu derselben Art gehören. Journ. f. d. r. u. ang. Math. Bd. 121, p. 205. Die Gleichung (5) des § 2 der Arbeit von Herrn R. Fuchs zeigt übrigens, dass eine Adjunction nothwendig werden kann. Die Bemerkung „Der auf der linken Seite auftretende Factor $\frac{1}{\Delta}$ beeinflusst, wie leicht zu sehen, diesen Schluss nicht“ (p. 207, Anmerkung) trifft also nicht zu. Vgl. auch L. Fuchs, Sitzungsber. der Berliner Akademie (1899), p. 190.

[2]) Dass die Adjunction einer Quadratwurzel nothwendig werden kann, um die Differentialgleichung zweiter Ordnung, die mit ihrer adjungirten zu derselben Art gehört, reducibel zu machen, ergiebt sich auch aus Herrn Lindemann's Untersuchungen „Ueber die Differentialgleichungen der Functionen des elliptischen Cylinders“ (Math. Annalen, Bd. 22). Herr Lindemann untersucht dort unter 5) Differentialgleichungen zweiter Ordnung, die, wie man nach den Resultaten des folgenden Paragraphen sagen kann, falls eine gewisse transcendente Function $F(x)$ als rational bekannt angesehen wird, mit ihren adjungirten zu derselben Art gehören. Ist $F(x)$ bekannt, — ich wende dieselben Bezeichnungen wie Herr Lindemann an —, so bleibt die quadratische Form $y_1 y_2$ bei den Transformationen der Rationalitätsgruppe in dem

§ 2.

Für das Folgende setze ich voraus, dass die vorgelegte Differentialgleichung (D) ein derartiges Fundamentalsystem $y_1, y_2, \ldots y_n$ von Integralen besitzt, dass zwischen den gewählten Elementen $y_1, y_2, \ldots y_n$ keine homogene quadratische Relation mit constanten Coefficienten stattfindet. Wir betrachten die $n\left(\frac{n+1}{2}\right)$ Producte $y_i y_k$ $(i, k = 1, 2, \ldots n)$, die wir mit Y_{ik} bezeichnen; erfahren die y_i eine lineare homogene Substitution P, so transformiren sich auch die Y_{ik} linear; diese Substitution der Y_{ik}, soll anlehnend an Herrn Ad. Hurwitz[1]) die zweite Potenz- oder Quadrattransformation von P genannt und mit $\mathfrak{P}_2 P$ bezeichnet werden.

Unter der gemachten Annahme genügen die $n\left(\frac{n+1}{2}\right)$ Producte Y_{ik} einer linearen homogenen Differentialgleichung genau von der $n\left(\frac{n+1}{2}\right)$ ten Ordnung; die Differentialgleichung hat Coefficienten aus dem Rationalitätsbereiche, und die Grössen Y_{ik} bilden ein Fundamentalsystem der Differentialgleichung. Die Differentialgleichung wird erhalten, indem man die aus $Y, Y_{11}, Y_{12} \ldots Y_{nn}$ und deren Abgeleiteten bis zur Ordnung $n\left(\frac{n+1}{2}\right)$ gebildete Determinante durch die Wronskische Determinante der $n\left(\frac{n+1}{2}\right)$ Grössen $Y_{11}, Y_{12} \ldots Y_{nn}$ dividirt und Null setzt. Aus dem bekannten Appell'schen Satze (Annales de l'école normale, II, Bd. 10, p. 400) ergiebt sich nämlich, dass

---

Bereiche, der $F(x)$ und daher auch die Ableitungen von $F(x)$ enthält, ungeändert. Adjungirt man $y_1 y_2' - y_2 y_1'$, das abgesehen von einer Constanten bei Herrn L. den Werth $\frac{1}{\sqrt{z}\,(1-z)}$ hat, dem Rationalitätsbereiche, so hat die Differentialgleichung des elliptischen Cylinders mit einer linearen homogenen Differentialgleichung erster Ordnung mit Coefficienten aus dem durch $\frac{1}{\sqrt{z}\,(1-z)}$ erweiterten Bereiche Integrale gemein.

[1]) A. Hurwitz, Zur Invariantentheorie. Math. Annalen, Bd. 45, p. 390.

die Coefficienten dieser Differentialgleichung rational durch die Coefficienten von $D = 0$ und deren Abgeleitete darstellbar sind. Diese Differentialgleichung, die wir mit $\mathfrak{P}_2 D = 0$ bezeichnen wollen, findet man übrigens einfach, indem man y und dessen Abgeleitete aus $Y = y^2$ und den hieraus durch Differentiation hergeleiteten Gleichungen vermöge $D = 0$ eliminirt, bis man eine von y und dessen Abgeleiteten freie Gleichung erhält.[1])

Man sieht unschwer ein, dass die Rationalitätsgruppe von $\mathfrak{P}_2 D = 0$ aus den Quadrattransformationen der Transformationen der Rationalitätsgruppe von $D = 0$ besteht. Der Beweis kann etwa analog, wie ihn Herr L. Schlesinger im Handbuch II 1, p. 136 für die associirten Differentialgleichungen führt, erbracht werden.

Ich brauche jetzt einen Hülfssatz: Besitzt eine lineare homogene Differentialgleichung ein dem Rationalitätsbereiche angehöriges Integral, so bleibt dieses bei allen Transformationen der Rationalitätsgruppe nicht nur numerisch, sondern auch formal ungeändert.

Angenommen, irgend eine lineare homogene Differentialgleichung $D = 0$ besitze ein dem Rationalitätsbereiche angehöriges Integral, so lässt sich dieses wie jedes Integral in der Form:

$$(1) \qquad c_1 y_1 + c_2 y_2 + \dots c_n y_n$$

darstellen, wo $y_1, y_2, \dots y_n$ ein Fundamentalsystem von (D), $c_1, c_2, \dots c_n$ Constante bedeuten. Ersetzt eine Transformation der Rationalitätsgruppe von (D) y_i durch $\sum_{k=1}^{k=n} p_{ik} y_k$, so geht das obige Integral (1) in

$$(2) \qquad c_1 \sum_{k=1}^{k=n} p_{1k} y_k + c_2 \sum_{k=1}^{k=n} p_{2k} y_k + \dots + c_n \sum_{k=1}^{k=n} p_{nk} y_k$$

über; da (1) rational bekannt sein soll, so muss (1) bei den Transformationen der Rationalitätsgruppe numerisch ungeändert bleiben; es muss also (1) und (2) denselben Werth haben. Wären die zwei Ausdrücke nicht identisch dieselben, so hätte

[1]) Vgl. L. Schlesinger, Handbuch II 1, p. 202.

man eine homogene Relation mit constanten Coefficienten zwischen einem Fundamentalsystem von Integralen von (D); dies ist aber unmöglich. Hiermit ist der Hülfssatz erwiesen.

Angenommen die Gleichung $\mathfrak{P}_2 D = 0$ besitze ein dem Rationalitätsbereiche angehöriges Integral, so ist dieses eine lineare Function der Y_{ik} und bleibt bei allen Transformationen der Rationalitätsgruppe von $\mathfrak{P}_2 D = 0$ formal ungeändert. Die lineare Function der Y_{ik} ist aber eine quadratische Function der $y_i y_k$, die bei allen Transformationen der Rationalitätsgruppe von $D = 0$ ungeändert bleibt, die quadratische Form der $y_i y_k$ kann hierbei eine verschwindende oder nicht verschwindende Determinante haben. Ist $D = 0$ irreducibel, so muss die Determinante von Null verschieden sein. Verschwindet aber die Determinante der quadratischen Form, so kann man nach den Resultaten von Herrn Fano[1]) wenigstens sagen, dass eine Differentialgleichung niedrigerer Ordnung, deren Coefficienten dem Rationalitätsbereiche angehören und deren Integrale $D = 0$ genügen, mit der zu $D = 0$ adjungirten Differentialgleichung von derselben Art ist. Mithin erhalten wir den Satz:

I. Besitzt die Differentialgleichung $\mathfrak{P}_2 D = 0$ ein dem Rationalitätsbereiche angehöriges Integral, so bleibt bei sämmtlichen Transformationen der Rationalitätsgruppe von $D = 0$ eine quadratische Form invariant, und es gehört entweder $D = 0$ oder eine Differentialgleichung, deren sämmtliche Integrale $D = 0$ befriedigen und die Coefficienten aus dem Rationalitätsbereiche hat, mit der adjungirten Differentialgleichung von $D = 0$ zu derselben Art.

Existirt umgekehrt eine quadratische Form, die bei allen Transformationen der Rationalitätsgruppe von $D = 0$ formal ungeändert bleibt, so ist diese rational bekannt und ferner auch Integral von $\mathfrak{P}_2 D = 0$. Mithin folgt:

II. Lassen alle Transformationen der Rationalitätsgruppe von $D = 0$ eine quadratische Form invariant, so hat $\mathfrak{P}_2 D = 0$ ein dem Rationalitätsbereiche angehöriges Integral.

---

[1]) G. Fano, Math. Annalen, Bd. 53, p. 572.

Beachtet man schliesslich, dass, falls eine bilineare Form cogredient in sich übergeführt wird und diese nicht symmetrisch oder alternirend ist, auch stets eine bilineare Form verschwindender Determinante in sich übergeht, ferner dass eine alternirende Form nur geraden Rang haben kann, so sieht man, dass die Rationalitätsgruppe einer Differentialgleichung ungerader Ordnung, die irreducibel ist und mit ihrer adjungirten zu derselben Art gehört, nur aus Transformationen, die eine symmetrische und mithin eine quadratische Form in sich transformiren, bestehen kann. Hieraus folgt:

III. Erfüllen die Elemente eines Fundamentalsystemes einer irreduciblen Differentialgleichung $D = 0$ von ungerader Ordnung keine quadratische homogene Relation mit constanten Coefficienten, so ist nothwendig und hinreichend, damit die Differentialgleichung $D = 0$ mit ihrer adjungirten zu derselben Art gehört, dass die Differentialgleichung $n\left(\frac{n+1}{2}\right)$ ter Ordnung, welcher die Integralproducte $y_i y_k$ genügen, ein dem Rationalitätsbereiche angehöriges Integral besitzt.

Ist $D = 0$ irreducibel, so kann $\mathfrak{P}_2 D = 0$ niemals zwei dem Rationalitätsbereiche angehörige Integrale, die sich nicht um einen constanten Factor unterscheiden, besitzen; denn gäbe es zwei solche Integrale, so bliebe bei den Transformationen der Rationalitätsgruppe von $D = 0$ eine Schaar quadratischer Formen und daher auch eine Form verschwindender Determinante invariant; es müsste mithin $D = 0$ gegen die Voraussetzung reducibel werden.

Sitzung vom 1. Februar 1902.

1. Herr SEB. FINSTERWALDER macht eine Mittheilung: „Ueber die mechanische Nachbildung von Minimalflächen" unter Vorzeigung von drei darauf bezüglichen Modellen. Die Mittheilung wird anderweit veröffentlicht werden.

2. Herr SIGMUND GÜNTHER bringt einen Aufsatz: „Ueber gewisse hydrologisch-topographische Grundbegriffe" in Vorlage.

3. Herr C. v. KUPFFER spricht: „Ueber die Commissura veli transversi des Hirns." Die Veröffentlichung findet an einem andern Orte statt.

4. Herr WILH. CONR. RÖNTGEN legt eine Abhandlung des Herrn Privatdozenten an der hiesigen Universität ARTHUR KORN: „Ueber ein Verfahren der elektrischen Fernphotographie" vor.

5. Herr K. A. v. ZITTEL überreicht eine Studie des Herrn Obermedizinalrathes JOSEPH GEORG EGGER dahier: „Der Bau der Orbitolinen und verwandter Formen". Ferner als Anhang dazu eine Arbeit des Herrn Dr. FERD. BROILI, Assistent an der paläontologischen Sammlung: „Ueber die Fauna der Orbitolinen führenden Schichten der untersten Kreide in der Krim". Die beiden Abhandlungen sind für die Denkschriften der Akademie bestimmt.

6. Herr FERD. LINDEMANN theilt eine Notiz des Herrn Dr. NEWEL PERRY: „Das Problem der conformen Abbildung für eine spezielle Curve von der Ordnung $3n$" mit.

Ueber
gewisse hydrologisch-topographische Grundbegriffe.

Von **S. Günther.**

(Eingelaufen 1. Februar.)

Die Lehre von den fliessenden Gewässern erfordert zu ihrem Ausbau eine stete Rücksichtnahme auf die Terrainkunde, die wissenschaftliche Topographie. Denn ebenso, wie auf der einen Seite das strömende Wasser — hier durch Erosion und Denudation, dort durch Akkumulation des Detritus — die Oberflächengestalt wesentlich schaffen hilft, so hängt auch die Art und Weise, in welcher sich diese Agentien bethätigen, von der Struktur des Oberflächenmodelles ab, die sich zuvor herausgebildet hatte. Insbesondere wählt rinnendes Wasser stets den kürzesten unter den Wegen, welche es einem bestimmten tieferen Niveau zuführen, und es ist also von Wichtigkeit, sich über den Verlauf dieser Bahnen von vornherein zu orientieren. Will man die Gesetzmässigkeiten kennen lernen, die hier obwalten, so muss man natürlich von der so äusserst unregelmässigen Gestalt der Landoberfläche absehen und sich die Hohlräume, in denen sich die Wasserbewegung vollzieht, als von geometrischen Flächen begrenzt vorstellen. Eine von Boussinesq[1]) herrührende Definition entsprechend weiterbildend, stellen wir Folgendes fest:

Die Landoberfläche lässt sich betrachten als eine Aufeinanderfolge von Flächenstücken, welche gegen

---

[1]) Boussinesq, Essai sur la théorie des eaux courantes, Mémoires présentés par divers savants à l'Académie Française, 23. Band, S. 165 ff.

das Meeresniveau zum einen Teile konvex, zum anderen Teile konkav gekrümmt sind.

Als XY-Ebene denken wir uns stets eine horizontale Ebene, die so gelegen sein soll, dass innerhalb des hier in betracht kommenden Bereiches die vertikal gerichteten Ordinaten z positiv bleiben. Legen wir dann eine Vertikalebene von der Gleichung $y =$ Konst. durch die Landoberfläche, so wird aus dieser eine Kurve herausgeschnitten, die so beschaffen ist, dass der zweite Differentialquotient $\frac{d^2 z}{d x^2}$ irgendwo auf ihr sein Zeichen wechselt. So lange $\frac{d^2 z}{d x^2}$ negativ ist, verläuft die Schnittkurve konkav gegen die Horizontalebene; wenn dagegen $\frac{d^2 z}{d x^2}$ positiv wird, wendet die Kurve dieser Ebene ihre konvexe Seite zu. Im allgemeinen wird also diese Grösse einmal ihr Zeichen wechseln, und da dies für jede einzelne Schnittkurve gilt, so hat man damit die Grenzlinie gefunden, welche jeweils die konvex und konkav gekrümmten Flächenteile trennen. Verfolgen wir die Schnittkurve weiter, so gelangen wir zu einem Punkte, in dem die Berührungslinie zur XY-Ebene parallel verläuft. Die Gesamtheit aller dieser Punkte verbindend, erhalten wir eine Kurve, welche als Grenzlage für diejenigen Flächenpunkte zu gelten hat, für welche die Tangentialebene bezüglich spitze und stumpfe Winkel mit der Horizontalebene bildet. Diese Grenzkurve ist, hydrologisch gesprochen, die Wasserscheide[1]) der beiden in ihr zusammenstossenden teils konvexen, teils konkaven Flächen. Jeder allseitig von wasserscheidenden Linien nach oben begrenzte Hohlraum der Landoberfläche soll als Stromgebiet oder Bassin bezeichnet werden. Wir setzen hier durchgehends die sogenannte elliptische Krümmung voraus, deren Wesen darin besteht, dass die Berührungsebene einer Fläche ganz und gar

---

[1]) Die von L. v. Buch gewählte Bezeichnung „Wasserteiler" (vgl. Günther, Alexander v. Humboldt, Leopold v. Buch, Berlin 1900. S. 245) hat sich nicht durchzusetzen vermocht.

auf ein und derselben Seite der letzteren verbleibt. Es kommen ja in der Natur gewiss auch Flächen von hyperbolischer Krümmung, also Sattelflächen, vor, aber für unsere Zwecke müssen solche als Ausnahmen gelten.

Damit haben wir für diesen Begriff sowohl, als auch für den der Wasserscheide Bestimmungen erhalten, welche für gewöhnlich, von Ausnahmefällen abgesehen, als eindeutig gelten können. Dass ihre Festsetzung, wie sie vielfach gegeben wird, mancherlei Bedenken unterliegt, ist von Philippson[1]) hervorgehoben worden. Letzterer gibt selbst die nachstehende Definition: „Wasserscheide ist jede Linie, in der sich zwei Gefällsrichtungen der Erdoberfläche nach oben zu schneiden.“ Dem Sinne nach ist dies völlig übereinstimmend. Nur wird von uns der Uebergang zunächst als ein kontinuierlicher aufgefasst, obwohl selbstverständlich auch der Fall einer Kante oder Schneide, die dann ohneweiters die Wasserscheide repräsentiert, mit inbegriffen ist.

Von den Krümmungsverhältnissen eines solchen Hohlraumes, der alles in seinem Bereiche fallende meteorische Wasser sammelt, hängt es ab, ob dasselbe in ihm verbleibt oder aber den Zugang zu seinem natürlichen Bestimmungsorte, dem Meere, findet. Wir gelangen damit auf unsere Weise zu jener Zweiteilung aller terrestrischen Einsenkungen, welche zuerst v. Richthofen[2]) durchgeführt hat, indem er den zentralen oder abflusslosen Gebieten die peripherischen Gebiete gegenüberstellte. Ist nämlich der Hohlraum eine Wanne, mit Penck[3]) zu sprechen, deren Kennzeichen darin besteht, dass eine der an die Grenzfläche gelegten Berührungsebenen zur Horizontalebene parallel wird, so kann das Regenwasser — wenigstens solange es nicht hoch genug steigt, um über eine Randlinie überzulaufen — die Mulde nicht mehr

[1]) Philippson, Studien über Wasserscheiden, Leipzig 1886, S. 14 ff.

[2]) v. Richthofen, Führer für Forschungsreisende, Berlin 1886, S. 275 ff.

[3]) Penck, Morphologie der Erdoberfläche, 1. Band, Stuttgart 1894, S. 158.

verlassen. Von Flusssystemen innerhalb eines solchen Hohlraumes kann, obwohl man ja darauf selten zu achten pflegt, nur bedingt die Rede sein; wenigstens wollen wir gleich jetzt unsere Erklärung des Wortes Stromgebiet noch dahin ergänzen, dass dessen Begrenzungsfläche stets eine gleichsinnige Krümmung aufweisen soll. Nur mit Gebilden dieser Art wollen wir uns hier beschäftigen. Es wird angenommen, dass die Tangentialebene der in frage stehenden Fläche, die zudem als stetig gekrümmt vorausgesetzt wird, mithin aller Ecken und Kanten entbehrt, allenthalben nur Winkel mit der XY-Ebene bildet, die $< 90^0$ und $> 0^0$ sind.

Die französischen Mathematiker, welche sich der Begründung der topographischen Fundamentalbegriffe hauptsächlich angenommen haben, während man anscheinend in Deutschland diesen Untersuchungen ein geringeres Interesse entgegenbrachte,[1]) haben gleichzeitig mit der Wasserscheide („ligne de faîte“) auch noch eine andere ausgezeichnete Linie des Bewässerungssystemes eines Hohlraumes in betracht gezogen, nämlich den Thalweg.[2]) Da durch Philippson die Morpho-

---

[1]) Von einschlägigen deutschen Originalarbeiten scheint nur eine einzige anzuführen zu sein: Quidde, Kurven gleicher Steilheit auf Flächen zweiten Grades, Stargard i. P. 1879. Dieselbe verfolgt jedoch rein geometrische Zwecke. Unter dem geographischen Gesichtspunkte hat der Verf. den ganzen Komplex zusammengehöriger Studien schon früher kurz abgehandelt (Günther, Topographische Studien über die Gestalt der Flussbetten, Nachrichten über Geophysik, 1. Heft, S. 9 ff.).

[2]) Dieser Ausdruck wurde, nachdem ihn der deutsche Hydrotechniker Wiebeking dem Rastatter Kongresse mundgerecht gemacht hatte — „der Thalweg des Rheins soll die Grenze zwischen Elsass und Baden sein“ —, auch von den französischen Fachmännern adoptiert. und zwar so vollständig, dass dieselben ihn wörtlich, ohne Uebertragung, in die eigene wissenschaftliche Sprache herübernahmen. Näheres über dieses Vorkommnis gibt eine Lebensbeschreibung Wiebekings (Voigts Neuer Nekrolog der Deutschen, Weimar 1842). In Frankreich bedient man sich des Wortes Thalweg auch in noch erweiterter Bedeutung, ziemlich im gleichen Sinne, wie vallée; vgl. z. B. Marty, La Thalweg géologique de la moyenne vallée de la Cère (Bull. de la Société Géologique de France, (3) 22. Band, S. 34 ff.).

logie der Wasserscheiden zu einem einstweiligen Abschlusse gebracht worden ist, so haben wir es an diesem Orte wesentlich nur mit der zweiten topographischen Linie zu thun. Eine ganz einwurfsfreie Definition derselben bereitet Schwierigkeiten, und diese dehnen sich dann auch auf das Wort Stromstrich aus, weil zwischen Thalweg und Stromstrich die engste Beziehung obwaltet. Vielfach werden beide Begriffe sogar identifiziert; hier aber soll der Stromstrich diejenige Oberflächenlinie eines fliessenden Gewässers sein, in welcher dessen Fläche von einer vertikalen Zylinderfläche geschnitten wird, die den Thalweg zur Leitlinie hat.[1]) Wenn man, wie dies ein neueres Werk thut,[2]) dessen eigentliche Tendenz in der Klärung der topographischen Terminologie beruht, den Thalweg einfach als „die tiefste Linie des Thales“ hinstellt, so muss man auch angeben, wie man eine solche Linie mit Maximaleigenschaft konstruiert, und so lange dies nicht geschehen, wird man mit der Definition nicht viel anfangen können.

Die erwähnten französischen Geometer, welche sich, wie wir sehen werden, sehr ernsthaft um die exakte Begriffsbestimmung bemüht haben, stellen durchweg die Wasserscheide in Parallele zum Thalwege, der die Gewässer seines Gebietes sammelt. Indessen besteht doch ein gewisser Unterschied.

---

[1]) Bei Penck (a. a. O., 2. Band, S. 73) lesen wir: „Die mittlere Richtung auch der Mäanderthäler ist eine ziemlich konstante; sie bestimmt den Thalweg oder Stromstrich.“ Supan (Grundzüge der physischen Erdkunde, Leipzig 1896. S. 261) charakterisiert den Stromstrich als „die Linie, welche die Punkte grösster Oberflächengeschwindigkeit verbindet“. Bei Rein endlich (Bemerkungen über Veränderungen der Flussläufe, Stromstrich und Begleiterscheinungen Petermanns Geograph. Mitteil., 42. Band, S. 129 ff.) erreicht längs des Stromstriches die Wölbung, welche bei genauem Zusehen der Spiegel eines Flusses erkennen lässt, ihr Maximum; der Stromstrich ist zugleich ein eigentlicher Stromfaden im Sinne der neueren Hydrodynamik, während zu beiden Seiten sich die Bewegung des Wassers in Spiralbahnen vollzieht (vgl. Moeller, Studien über die Bewegung des Wassers in Flüssen, Zeitschr. f. Bauwesen, 1883, S. 193 ff.).

[2]) Neuber, Wissenschaftliche Charakteristik und Terminologie der Bodengestalten der Erdoberfläche, Wien-Leipzig 1901, S. 398.

Die Wasserscheide nämlich ist nicht nur im abstrakt-geometrischen Oberflächenbilde, das uns hier zunächst vorliegt, sondern auch in der Natur selbst etwas reell Vorhandenes, während im ersteren Falle der Thalweg die von den Abhängen herabfliessenden Gewässer nicht thatsächlich aufnimmt. Angedeutet wird der hier bestehende Gegensatz wohl zuerst von Breton de Champ;[1]) auffallenderweise aber ist der den Sachverhalt bestimmende einfache Lehrsatz nie als solcher beachtet und bewiesen worden. Allgemein ausgesprochen, lautet er: Wenn auf einer Fläche zwei Systeme sich rechtwinklig schneidender Kurven bestehen, so kann durch einen bestimmten Punkt nur immer je eine einzige Kurve des nämlichen Systemes hindurchgehen.

Es seien durch I und II (Fig. 1) die Individuen je einer solchen Kurvenschaar bestimmt. Wäre es möglich, dass durch den Punkt A ausser der ihm zugehörigen Systemkurve II noch eine andere Linie AA' hindurchginge, die ebenfalls auf der Kurve I in A senkrecht stände, so hätte man, da die beiden Orthogonalkurven eine unendlich benachbarte Kurve I, nämlich mm', in den Punkten B und C schneiden müssen, in dem unendlich kleinen — also ebenen — Dreiecke $ABC \sphericalangle ABC = \sphericalangle ACB = 90^0$, was nicht möglich ist. Uebrigens folgt die gleiche Thatsache auch aus dem gleich nachher zu berührenden Um-

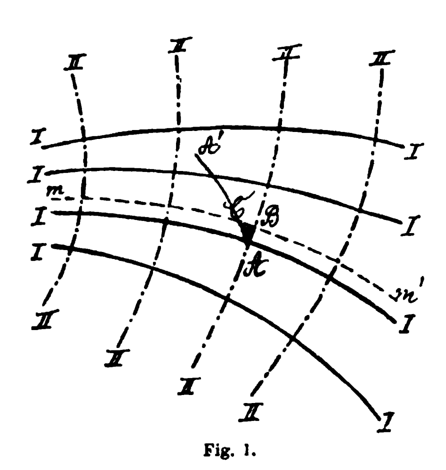


Fig. 1.

[1]) Breton de Champ, Note sur les caractères géométriques des lignes de faîte ou de thalweg, Compt. Rend. de l'Acad. Franç., 53. Band, S. 808 ff. Auf die oben genannte partielle Differentialgleichung kam auch unabhängig De Saint Venant (Surfaces à plus grande pente constituées sur des lignes courbes, Bulletin de la Société Philomatique de Paris, 1852).

stande, dass die Differentialgleichungen der orthogonalen Trajektorien von der ersten Ordnung sind.

Dies trifft nun in unserem Falle zu. Identifizieren wir die Kurven des Systemes I mit den Niveaulinien oder Isohypsen der Fläche, so fallen diejenigen des Systemes II mit den Linien des Wasserablaufes oder der kürzesten Verbindung mit der Horizontalebene („lignes de la plus grande pente") zusammen, welch letztere wir künftig kurz als Abflusslinien bezeichnen werden. Dann steht also Folgendes fest:

Zwei Abflusslinien können sich niemals begegnen, verlaufen vielmehr asymptotisch, so dass ihnen sämtlich der nämliche unendlich entfernte Punkt zugehört.

Nun erhebt sich sofort die weitere Frage:

Gibt es unter den unendlich vielen Abflusslinien des nämlichen Gebietes eine, die man allen übrigen gegenüber individuell auszeichnen kann, der also eine Eigenschaft zukommt, die sich bei keiner Gefährtin findet?

Wenn eine solche Kurve existiert, so müssen wir eben ihr den Namen Thalweg zuerkennen, da die ihr gewöhnlich zugeschriebene Eigenschaft, alle Gewässer zu sammeln, vorläufig, so lange wir nur flächentheoretisch urteilen, nicht vorhanden ist. Und diese Frage ist es eben, welche eine kleine Litteratur in das Leben gerufen hat.

Als erster, soweit wir die Angelegenheit rückwärts verfolgen konnten, ist derselben Breton de Champ (s. o.) näher getreten, der in der erwähnten Abhandlung für Wasserscheide und Thalweg eine gemeinsame Differentialgleichung herzuleiten suchte. Die Gleichung der die Systeme I und II enthaltenden Fläche ist $z = f(x, y)$, und wenn dann in bekannter Weise $\frac{\partial z}{\partial x} = p$, $\frac{\partial z}{\partial y} = q$, $\frac{\partial p}{\partial x} = r$, $\frac{\partial q}{\partial x} = \frac{\partial p}{\partial y} = s$, $\frac{\partial q}{\partial y} = t$ gesetzt wird, ergibt sich für die beiden eine Ausnahmestellung einnehmenden Linien die Gleichung $p^2 r + q^2 t = 2pqs$, aus der jedoch Topographie und Erdkunde keine für sie brauchbaren Folgerungen ziehen können. Nur kurz gibt nach dieser Seite

hin Breton de Champ einen wirklich verwertbaren Anhaltspunkt. Nimmt man zwei Nachbarpunkte A_1 und A_2 und legt in jedem derselben eine Tangentialebene an die Fläche, so bildet die Schnittlinie dieser beiden Ebenen mit $A_1 A_2$ einen Winkel, der alle möglichen Werte annehmen kann. Wenn dieser Winkel gleich einem rechten geworden ist, so hat die betreffende Linie die Thalweg-Eigenschaft. Das ist ganz zutreffend, aber es wird sich empfehlen, die entscheidende Definition nicht auf eine doch mehr nur nebensächliche Eigenschaft zu begründen.

Boussinesq nahm das Problem von neuem auf, und in einer Reihe von Aufsätzen,[1] die teilweise eine polemische Auseinandersetzung mit dem auf dem gleichen Arbeitsfelde thätigen C. Jordan[2]) enthalten, hat er es allseitig untersucht und mannigfach gefördert. Er hielt sich, da ja die Abflusslinien im allgemeinen Kurven doppelter Krümmung sind, an deren Schmiegungsebene[3]) und fragte, wie eine solche Kurve beschaffen sein müsse, damit eben diese Ebene unter allen Umständen senkrecht auf der XY-Ebene stehe. Die Gleichungen der Kurven, die man erhält, wenn man die Niveaulinien und ihre orthogonalen Trajektorien auf jene Ebene projiziert, sind bezüglich diese:

$$p\,dx + q\,dy = 0, \quad p\,dy - q\,dx = 0.$$

[1]) Boussinesq, Sur une propriété remarquable des points où les lignes de plus grande pente d'une surface ont leurs plans osculateurs verticaux, et sur la différence qui existe généralement, à la surface de la terre, entre les lignes de faîte ou de thalweg et celles les long desquelles la pente du sol est un minimum; Compt. Rend., 73. Band, S. 1368 ff.; Sur les lignes de faîte et de thalweg, ebenda, 75. Band, S. 198 ff., S. 835 ff.

[2]) C. Jordan, Sur les lignes de faîte et de thalweg, ebenda, 74. Band, S. 1457 ff.; Sur les lignes de faîte et de thalweg, reponse aux objections de M. Boussinesq, ebenda, 75. Band, S. 625 ff.; Nouvelles observations sur les lignes de faîte et de thalweg, ebenda, 75. Band, S. 1023 ff.

[3]) Vgl. hiezu: Joachimsthal-Natani, Anwendung der Differential- und Integralrechnung auf die allgemeine Theorie der Flächen und der Linien doppelter Krümmung. Leipzig 1881.

Die Gleichung

$$\frac{\partial\left(\frac{q}{p}\right)}{\partial x}\cdot p+\frac{\partial\left(\frac{q}{p}\right)}{\partial y}\cdot q=0$$

stellt nach Boussinesq die Projektion des Thalweges dar.

Der Thalweg kann generell alle möglichen Gestalten annehmen, je nachdem eben die Krümmungsverhältnisse der Fläche, welcher er angehört, beschaffen sind. Für jene Flächen, die uns hier ausschliesslich beschäftigen, vereinfacht sich die von Boussinesq gegebene Begriffsbestimmung erheblich. Hier existiert nämlich eine Abflusslinie, deren Oskulationsebenen nicht allein sämtlich senkrecht auf der XY-Ebene stehen, sondern in eine einzige zusammenfallen. Demgemäss ist diese Linie eine ebene Kurve, ihre Vertikalprojektion gerade, und unter der erwähnten Beschränkung gilt die nachstehende Definition:

Gibt es eine Kurve in der Schaar der als Abflusslinien gekennzeichneten Raumkurven, welche ihrem ganzen Verlaufe nach in der nämlichen — vertikalen — Ebene liegt, so hat diese ein Anrecht auf den Namen Thalweg. Gegen ihn konvergiert jede einzelne Abflusslinie asymptotisch.

Diese Auffassung deckt sich auch mit dem von Breton de Champ (s. o.) angegebenen Merkmale, dass nämlich die Schnittlinie zweier Berührungsebenen, die in den Endpunkten einer unendlich kleinen Kurvensehne an die Fläche gelegt sind, zu der Sehne selbst senkrecht stehen soll. Die Durchschnittslinie verläuft eben horizontal, während die Ebene der Kurve vertikal steht.

C. Jordan hat (s. o.) sehr entschieden behauptet, dass sich Wasserscheide und Thalweg in nichts von anderen Kurven steilsten Abfalles unterschieden;[1]) ja es gäbe unter den letz-

[1]) Der Hinweis Jordans auf anomale Verhältnisse der Wasserscheide im Isèrethale ist ohne Beweiskraft, denn jeder Geograph weiss, wenn er sich blos der von Philippson und Supan untersuchten

teren überhaupt keine mit einer sie vor den anderen auszeichnenden Eigenschaft. Im vorliegenden Falle aber ist ein solches Individuum unzweifelhaft vorhanden. Boussinesq bedient sich in seiner Erwiderung eines ganz treffenden Bildes, indem er an den menschlichen Körpers erinnert. Die gewöhnlichen Abflusslinien seien den Venen, der Thalweg sei der Arterie vergleichbar. Gleichwohl, und obwohl er nach unserer Ansicht sich durchaus im Rechte befindet, hat sich Boussinesq zuletzt in ein Kompromiss mit Jordan eingelassen, welches aber nach keiner Seite hin zu befriedigen imstande ist.

Zu bedauern ist, dass kein Versuch gemacht ward, die allgemeinen Betrachtungen am speziellen Falle zu erläutern. Diese Lücke füllen wir dadurch aus, dass wir eine Fläche einfachster Natur in angriff nehmen, nämlich die eines Kreiszylinders, dessen Achse schief zur XY-Ebene liegt. Dass alsdann der Thalweg eine Gerade sein muss, erhellt sofort. Die Achse CA (Fig. 2) des Zylinders soll der XZ-Ebene angehören und mit der X-Achse den Winkel α bilden, während $r = CD = CE$ den Radius des Grundkreises bedeutet. Durch B, einen willkürlichen Punkt des Mantels mit den Koordinaten $BF = z$, $FG = y$, $CG = x$ sei ein Schnitt senkrecht zur Achse gelegt, der den Zylinder im Kreise HJ mit dem Zentrum A schneidet. Wird dann noch $AB = r$ gezogen und BK senkrecht auf $AL = AC \sin \alpha$, so ergeben die beiden resp. in A und K rechtwinkligen Dreiecke BAC und BKA diese Beziehungen:

$$r^2 + \overline{AC}^2 = \overline{BC}^2 = x^2 + y^2 + z^2 = r^2 + u^2,$$
$$r^2 = (x - u \cos \alpha)^2 + y^2 + (u \sin \alpha - z)^2.$$

Die Hilfsgrösse u lässt sich leicht eliminieren, und es resultiert als die gesuchte Gleichung der Zylinderfläche, wenn

---

Thalwasserscheiden erinnert, wie kompliziert und für die mathematische Erörterung unzugänglich die Gestaltung solcher Oertlichkeiten werden kann. Auf geometrische Singularitäten, die hier nicht berücksichtigt werden dürfen, macht auch aufmerksam Breton de Champ (Note sur les lignes de faîte et de thalweg, ebenda, 39. Band, S. 647 ff.).

wir nur das positive Wurzelvorzeichen berücksichtigen, die folgende:

$$z = \frac{1}{\cos a}\,(x \sin a + \sqrt{r^2 - y^2}).$$

Daraus ergibt sich, wenn wir auf die früheren Bezeichnungen zurückgreifen,

$$p = \operatorname{tang} a,\quad q = -\frac{y}{\cos a \sqrt{r^2 - y^2}},\quad \frac{q}{p} = -\frac{y}{\sin a \sqrt{r^2 - y^2}}.$$

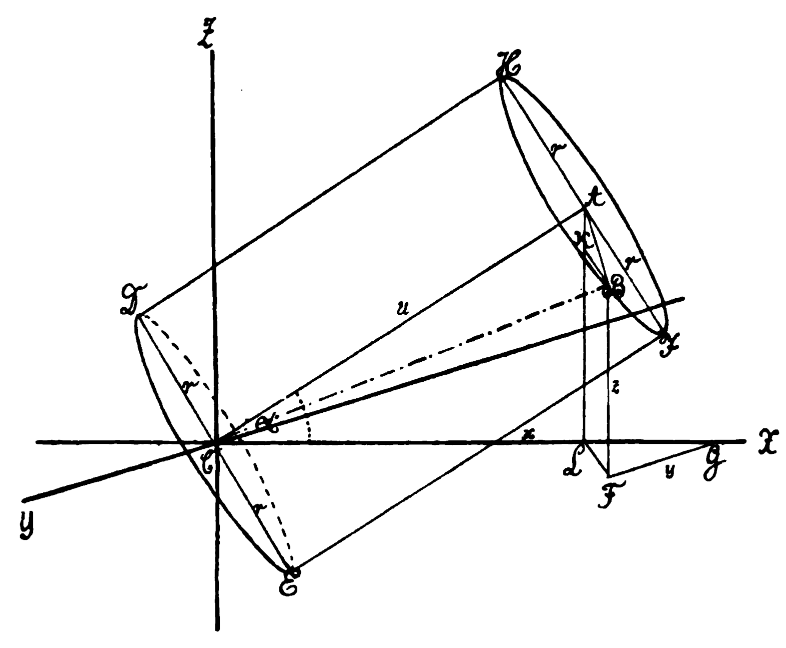


Fig. 2.

Die Gleichungen der Isohypsen sind:

$$z = \text{Konst.};\; x = -\frac{1}{\sin a}\sqrt{r^2 - y^2} + C.$$

Wie man sieht, ist dies, indem ein schiefer Zylinderschnitt vorliegt, die Gleichung einer Ellipse, da man sie in die Form

$$x^2 \sin^2 a - 2\,C\,x \sin^2 a + y^2 = r^2 - C^2 \sin^2 a$$

bringen kann. Sucht man nach Boussinesq die Gleichung des Thalweges, so erhält man, da die Ableitung von $\left(\frac{q}{p}\right)$ nach x gleich Null ist,

$$\frac{\partial\left(\frac{q}{p}\right)}{\partial x}\cdot p + \frac{\partial\left(\frac{q}{p}\right)}{\partial y}\cdot q = \frac{1}{\sin\alpha\cos\alpha}\cdot\frac{r^2 y}{(r^2-y^2)^2} = 0.$$

Das kann nur eintreten, wenn y selbst Null wird, und die beiden Gleichungen des Thalweges sind $y = 0$, $z = 0$. In der That lehrt ein Blick auf die Figur, dass diese Linie mit der X-Achse zusammenfällt.

Um endlich auch noch den asymptotischen Verlauf der Horizontalprojektionen der Abflusslinien — und damit dieser selber — nachzuweisen, gehen wir auf die Gleichung $p\,dy - q\,dx = 0$ zurück. Wir finden durch Einsetzung

$$\frac{dx}{dy} = -\frac{\sin\alpha\sqrt{r^2-y^2}}{y},\quad x = -\sin\alpha\int\frac{\sqrt{r^2-y^2}}{y}\,dy + C'$$

und, mit Anwendung der hier bequemen Hyperbelfunktionen,

$$x = -\sin\alpha\,(\sqrt{r^2-y^2} - r\,\mathrm{Arc\,Cos}\,\frac{r}{y} + C'').$$

Für $y = 0$ wird der hyperbolische Arcus Cosinus, da $r:y$ der Unendlichkeit zustrebt, selbst unendlich gross, d. h. sämtliche Kurven treffen die X-Achse in ihrem unendlich entfernten Punkte. Hiemit ist also die Gesamtheit der topographisch bedeutsamen Aufgaben, zu deren Stellung die Frage nach der Natur des Thalweges Veranlassung gibt, an einer Fläche erledigt, die allerdings besonders einfache Verhältnisse gewährt, aber schon darum vorzuziehen ist, weil bei Flächen von nur etwas verwickelterer Gestalt die Sonderung der Variabeln und die Integration weit mehr Schwierigkeiten bereiten und auf völlig unübersichtliche Formeln führen.

Nunmehr handelt es sich darum, die mathematisch erzielten Ergebnisse in die Natur selbst zu übertragen, also alle die Vereinfachungen fallen zu lassen, welche notwendig waren,

um von den Hilfsmitteln der Mathematik Nutzen ziehen zu können. Da gilt denn zuerst der Erfahrungssatz:[1]) Was theoretisch als asymptotische Näherung erscheint, ist in der Natur gleichbedeutend mit der Thatsache, dass zwei konvergierende Wasseradern ihren Vereinigungspunkt möglichst weit abwärts verlegen. Zwei Flüsse, die sich vereinigen, laufen der Regel nach unter sehr spitzem Winkel gegen einander, ja sogar längere Zeit annähernd parallel, ehe die Vermischung ihrer Gewässer stattfindet. Dafür, dass es sich so verhält, bedarf es offenbar keines Beweises mehr; vielmehr liegt die unmittelbare Konsequenz einer allgemein erhärteten Wahrheit vor. Der Thalweg ist mithin jetzt ein wirklicher Wassersammler, und weil er dies ist, so eröffnet sich uns zugleich die Möglichkeit, eine alte und noch nicht ausgetragene geographische Streitfrage in ein neues Licht zu stellen.

Zuvörderst indessen soll noch vom Schnittwinkel des Thalweges mit den ihm zugeteilten Abflusslinien die Rede sein. Die Betrachtung eines beliebigen Flusssystemes, zumal in seinem Oberlaufe, auf der Karte vergewissert über die Richtigkeit und das generelle Vorkommen der Konvergenz unter kleinem Winkel. Wissenschaftliche Ueberlegungen aber scheint daran als der erste Peschel geknüpft zu haben,[2]) dem es bei seinen

---

[1]) Vgl. hiezu Günther, Handbuch der Geophysik, 2. Band, Stuttgart 1899, S. 813. Boussinesq drückt den Gegensatz in der zweiten seiner oben genannten Abhandlungen mit folgenden Worten aus: „Le thalweg est une ligne, à laquelle, sur tous les points de son parcours, viennent se réunir, en toute rigueur, ou de moins asymptotiquement, des lignes de plus grande pente qui en étaient d'abord à des distances sensibles.“

[2]) Peschel, Neue Probleme der vergleichenden Erdkunde, Leipzig 1878, S. 141 ff.; Peschel-Leipoldt, Physische Erdkunde, 2. Band, Leipzig 1883, S. 472 ff. Die von Peschel geltend gemachte Ursache ist freilich nicht die wahre, und wenn er mit Reclus (La Terre, 1. Band, Paris 1874, S. 443) hervorhebt, dass die Geschiebeführung den spitzen Winkel der Flussannäherung bedinge, so stellt er eine Behauptung auf, von der gemeiniglich sogar, wie wir bald erfahren werden, das Gegenteil als zutreffend anerkannt werden muss.

vergleichenden Kartenstudien, die eben doch auch in diesem Falle sich als nicht wertlos dokumentieren, auffiel, wie in manchen Ländern der Treffpunkt zusammengehöriger Flüsse weit hinausgeschoben wird. Ein besonders drastisches Beispiel bieten die Stromgebiete Nordamerikas zwischen Alleghanies und Atlantischem Ozean; ferner sind sehr geeignete Demonstrationsobjekte der Amazonenstrom und der Po. Man überzeuge sich nur auf der Karte, wie Tanaro, Ticino, Adda, Parma, Oglio, Mincio, deren Lauf ursprünglich ein meridionaler ist, allmählich gegen den Thalweg des grossen oberitalienischen Bassins, gegen den Po, hin umbiegen, um sich förmlich seiner Laufrichtung anzupassen. Gerade für die lombardisch-venetianische Tiefebene trifft auch zu, was Wisotzki, dessen Monographie uns noch weiterhin beschäftigen wird, über solche seitliche Flüsse bemerkt,[1]) die den Hauptfluss nicht mehr selbst treffen. „Auch selbständig das Meer erreichende Flüsse sind als Nebenflüsse zu bezeichnen, sobald sie eine mit anderen Nebenflüssen des betreffenden Systemes gleichartige Lage besitzen.“ So sind Reno und Panaro auf der rechten, Brenta und Piave auf der linken Seite des Po als Nebenflüsse dieses letzteren anzusehen, und erst recht gilt ein Gleiches für die Etsch, deren unterste Laufstrecke dem Po vollkommen parallel gerichtet ist. In Hochwasserzeiten, wenn die Wasserläufe über ihre nur schwach profilierten Betten übergreifen, bilden diese zusammengehörigen und da und dort ohnehin durch Altwasser und Kanäle Verbindung unterhaltenden Flüsse nur eine einzige, zusammenhängende Wasserfläche, so wie dies auch Nissen[2]) weiter oberhalb für die von Tanaro und Po gebildete Halbinsel bezeugt. Oberitalien ist überhaupt das klassische Land für die Erkenntnis hydrographischer Thatsachen, wie denn auch die wissenschaftliche Wasserbaukunde daselbst ihren natürlichen Ursprung hatte. So wäre insbesondere auch auf den Lago d'Orta zu verweisen, den einzigen unter den südalpinen

---

[1]) Wisotzki, Hauptfluss und Nebenfluss; Versuch einer begrifflichen Nachbildung derselben, Stettin 1889, S. 136.

[2]) Nissen, Italische Landeskunde, 1. Band. Berlin 1883, S. 186.

Binnenseen, der sich gegen Norden entwässert.[1]) Sein Abfluss geht der selbst von Norden kommenden Toce direkt entgegen und erfährt erst kurz vor der Vereinigung mit ihr eine Ablenkung nach Osten, so dass er sie in der mehrerwähnten Weise trifft und kurz vor der Mündung in den Langen-See verstärkt. In Fig. 3 kann man diesen abnormen entgegengesetzten Parallelismus eines Hauptflusses und des ihm zustrebenden Nebenflusses konstatieren.

Mit der Sedimentablagerung, deren Wirkung Peschel als Ursache im Auge hatte, steht die Abwärtsverlegung des Einmündungspunktes nicht in kausalem Zusammenhange, wenngleich dieselbe hie und da eingreifen mag.[2]) Dieses Moment fällt sogar gemeiniglich im entgegengesetzten Sinne in die Wagschale. Wenn manchmal der thatsächliche Befund hinsichtlich des Einmündens eines Flusslaufes in den Thalweg ein ganz anderer ist, als nach der topographischen Regel erwartet werden sollte, so ist daran in erster Linie schuld, dass die Einmündungsstelle durch die Anhäufung von

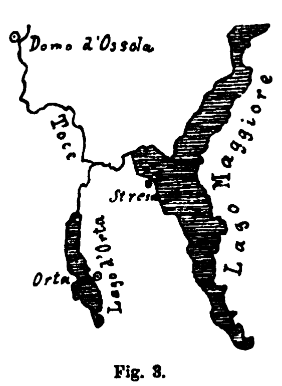


Fig. 3.

---

[1]) De Agostini, Il Lago d'Orta, Turin 1895.

[2]) Auf eine anderweite Möglichkeit, die jedoch wohl nicht allzu häufig zu konstatieren sein wird, weist Henkel hin (Ueber das Umbiegen von Nebenflüssen in der Nähe der Mündung, Petermanns Geograph. Mitteil., 35. Band, S. 176 ff.). Es ereignet sich nämlich, dass der Nebenfluss ein Rinnsal benützt, welches in geologischer oder prähistorischer Vorzeit von dem Hauptstrome eingenommen war, der dann aus irgend einem Grunde einer Laufänderung unterlag. So verhält es sich bei der Vereinigung der Ohre mit der Elbe in der Nähe Magdeburgs; ersteres Flüsschen strömt jetzt in einem Bette dahin, das einen alten Elbearm darstellt, und dass dieser sich dem Hauptarme unter sehr spitzem Winkel nähern musste, ist an und für sich einleuchtend, da ja alle Strominseln von grösserer Ausdehnung eine längliche Gestalt besitzen oder doch ursprünglich besassen.

Sinkstoffen stromaufwärts gedrängt wird. Es wird dies besonders dann eintreten, wenn die Flussmündung den Charakter eines Deltas an sich trägt, und wenn der sich in den grösseren ergiessende kleinere Fluss reich an mitgeführten Feststoffen ist, während der erstere, wie hier der regulierte Rhein, sich dieses Ballastes zum grossen Teile bereits früher entledigt hat. So hat Naeher[1]) für den Einlauf des Neckars in den Rhein eine durch Geschiebeaufschüttung bedingte Verlegung dieser Oertlichkeit dargethan und für den Einlauf des Mains wenigstens wahrscheinlich gemacht. Das Neckardelta bei Mannheim hat sich noch in historischer Zeit beträchtlich vergrössert und die Gewässer des Flusses südlich abgedrängt. Natürlich kommt, da auf der konkaven Uferseite Sedimentation, auf der konvexen dagegen Erosion stattfindet, sehr viel darauf an, welche dieser Seiten in betracht fällt, und es ist nicht möglich, eine allgemeine Norm aufzustellen. Soviel aber darf unter allen Umständen als gesichert gelten, dass, wenn das durch das geometrische Verhalten der Abflusslinien gegebene Naturgesetz irgendwo eine Trübung oder totale Verwischung erfährt, in der Geschiebe- und Schlammführung des jener Abflusslinie folgenden Wasserlaufes die Hauptursache der anscheinenden Anomalie zu suchen ist.

Nachdem diese bisher viel zu wenig beachtete geographische Frage ihre Erledigung gefunden hat, wenden wir uns einer zweiten, mit ihr verwandten zu. Ohne Bedenken verwendet man zumeist die schon aus dem ersten Unterrichte geläufigen Begriffe Hauptfluss und Nebenfluss, ohne viel danach zu fragen, ob dieselben auch eine Formulierung zulassen, welche hinlänglich allgemein wäre, um dann, wenn irgend ein besonderer Fall der Klärung bedarf, diese herbeiführen zu können. Die uns bereits (s. o.) bekannte Schrift von Wisotzki leistet in dieser Hinsicht Alles, was mit den gewöhnlichen, rein geographischen Mitteln geschehen konnte,

---

[1]) Naeher, Ueber den Kulturzustand des oberen Rheinthales zur Römerzeit. Zeitschr. f. wissenschaftl. Geogr., 2. Jahrgang, S. 179.

und muss sich ebendeshalb mit einem Resultate bescheiden, welches nicht als ein vollkommen befriedigendes erscheinen kann, weil danach die Feststellung, ob ein gegebener Fluss der einen oder anderen Kategorie zuzuordnen sei, von einer ganzen Anzahl von Faktoren abhängen soll. Wisotzki durchmustert eine sehr stattliche Litteratur, welche bereits bei den Schriftstellern des XVIII. Jahrhunderts beginnt. Es zeigt sich, dass unter den Methodikern eine gewisse Verwirrung eingerissen ist, weil dieselben teilweise dem rein zufälligen Umstand der einmal bestehenden Nomenklatur zu viel Rechnung getragen haben. Es ist ja freilich nicht daran zu denken, dass man einer in die Denkweise der ganzen gebildeten Welt aufgenommenen Namengebung entgegentreten könnte; Roskoschny betont dies[1]) mit Recht anlässlich der von russischen Forschern vertretenen Meinung, dass eigentlich die Oka und Wolga ihre Rollen als Neben- und Hauptfluss zu tauschen hätten. Allein diese Rücksicht auf das Herkommen, welches sich ohnehin nicht mehr verändern liesse, darf doch nicht verhindern, der prinzipiellen Seite des Problemes gerecht zu werden, was denn auch Wisotzki mit allem Ernste anstrebt. Allein seine allseitig ausgreifende Untersuchung wird zwar, soweit es sich um die Bekämpfung unstichhaltiger Kriterien handelt, als mustergiltig anerkannt werden müssen, nicht aber ebenso bezüglich der von ihm am Schlusse aufgestellten These:[2]) „Als charakteristisches, unterscheidendes Merkmal erweist sich allein die Lage, in ihrer vertikalen wie horizontalen Erscheinung, unter steter Berücksichtigung der Gesamtverhältnisse des betreffenden Gebietes.“ Dieses Merkmal ist, so wenig auch sachlich gegen die Einzelheiten des Satzes einzuwenden sein mag, denn doch ein viel zu unbestimmtes.[3]) Wir halten dafür,

[1]) Roskoschny, Die Wolga und ihre Zuflüsse; Geschichte, Ethnographie, Hydro- und Orographie, Leipzig 1887, S. 268.

[2]) Wisotzki, a. a. O., S. 136.

[3]) Auch die Bezeichnung Quellflüsse leidet unter dieser Unbestimmtheit. So ist ohne allen Zweifel der Hinterrhein ein Nebenfluss des strenge den Thalweg einhaltenden Vorderrheins, und die Eigenschaft,

dass unsere geometrischen Ergebnisse eine viel bestimmtere, ja sogar eine ganz eindeutige Fassung gestatten; hat nämlich, wie wir mit Boussinesq gegen Jordan es vertraten, der Thalweg wirklich eine ihn vor allen Abflusslinien auszeichnende Eigenart, so dürfen wir behaupten:

Der Thalweg eines Stromgebietes ist immer mit dem Hauptstrome desselben identisch, und die übrigen Abflusslinien bezeichnen die Bahnen der Nebenflüsse.

Es braucht kaum erwähnt zu werden, dass auch die Zu- und Beiflüsse, überhaupt alle Wasserläufe, die irgendwie einem grösseren Strome tributär sind, in dieser Definition mit einbegriffen werden können. Der Nebenfluss hat eben sein besonderes Untersystem, für welches er selbst den Thalweg abgibt, und in gleicher Weise zerfällt auch dieses sekundäre Gebiet wieder in Teilgebiete.

Allein so klar das Wort Thalweg unseren Ermittelungen zufolge ist, wenn eine geometrische Hohlfläche vorliegt, so wenig scheint dasselbe Wort sich bestimmt fassen lassen zu wollen, sobald man zu den Stromgebieten der Erdoberfläche übergeht, die ja selbst wieder einen ganz ungeregelten Wechsel von Erhöhungen und Vertiefungen wahrnehmen lassen. Sowie wir jedoch die Eigenschaft des Thalweges zur Richtschnur nehmen, dass seine Horizontalprojektion eine gerade Linie ist, schwindet jene Schwierigkeit, und wir sehen uns so ganz von selbst zu einer zumeist allen Zweifel ausschliessenden Definition geführt:

Als Hauptstrom oder Thalweg ist beim Zusammentreffen zweier Flussrinnen diejenige anzusprechen, welche am wenigsten von einer geraden Linie abweicht und insbesondere auch an der Vereinigungs-

---

der eigentliche Rhein zu sein, kann dem sogenannten Vorderrhein auch dadurch nicht genommen werden, dass, wie auch Rein (a. a. O.) bemerkt, der Hinterrhein, vermöge seines grösseren Gefälles, die Gewässer des ersteren bei der Konfluenzstelle in Reichenau ganz und gar bei Seite drängt und so den Eindruck erweckt, als stelle er das namhaftere Kontingent zum Gesamtstrome.

stelle die geringste Ablenkung von ihrer bisher eingehaltenen Richtung erleidet.

Hiezu eine bestimmte Stellung zu nehmen, ist in der Regel durchaus nicht schwierig, indem weiter nichts als eine gute Karte erfordert wird. Die bisherige Lauflänge, deren genaue Feststellung zu den schwierigsten Pflichten der Kartenkunde gehört, tritt gegen das Moment einer möglichst wenig gestörten Geradlinigkeit ganz in den Hintergrund, und nicht anders verhält es sich mit der Wasserfülle, die auch nicht zu den leicht zu ermittelnden Grössen gehört. Wollte man auf alle diese Dinge als auf massgebende Elemente bedacht nehmen, so würde die Entscheidung darüber, ob ein Fluss den Haupt- oder Nebenflüssen zuzuzählen sei, eine sehr verwickelte und in unzählig vielen Fällen, wenn z. B. ferne und wenig erforschte Länder in betracht kommen, so gut wie unlösbare Aufgabe werden. An der Hand unseres obigen Kriteriums ist hingegen diese Entscheidung unverhältnismässig leichter zu treffen. Auffallen kann es nicht, dass auch früher schon gelegentlich dieser Punkt mehr oder weniger scharf betont worden ist, doch verzichten wir auf die Häufung von Belegen, da doch zumeist der Standpunkt, von dem aus man die Sache ansah, ein anderer war.

Wohl aber sei an zwei weitbekannten und viel erörterten Beispielen erläutert, dass die Uebertragung des von hause aus rein geometrischen Begriffes des Thalweges den Sachverhalt zutreffend darstellt. Schon alt ist die Alternative: Soll von Passau ab Donau oder Inn die Berechtigung erhalten, als Hauptfluss respektiert zu werden? C. Gruber gedenkt[1]) einlässlich früherer Meinungsäusserungen über diese strittige Frage der bayerischen Hydrographie. Gegen Ende des XVIII. Jahrhunderts erschienen zwei Reisebeschreibungen,[2]) deren eine

[1]) C. Gruber, Die landeskundliche Erforschung Altbayerns im XVI., XVII. und XVIII. Jahrhundert, Stuttgart 1894, S. 56 ff.

[2]) Gercken, Reise durch Schwaben und Bayern, 1. Teil, Stendal 1783, S. 57; Briefe eines reisenden Franzosen über Deutschland an seinen Bruder zu Paris, 1. Band, Zürich 1785, S. 171. Erstgenannter tritt für den Inn ein; der Anonymus ist der Verteidiger des Vorranges der Donau.

ebenso entschieden für das Recht des Inns eintrat, wie sich die andere zu gunsten der Donau erklärte. Sehr eingehend, und unter Anrechnung aller der Momente, die sich in das Gefecht führen lassen, hat neuerdings Penck[1]) der herkömmlichen Anschauung ihre Begründung gegeben, indem er namentlich auch darauf Gewicht legte, dass das Entwässerungsgebiet der oberen Donau, wenn wir diese bei ihrem Eintritte in österreichisches Gebiet enden lassen, an Arealgrösse dasjenige des Inns nicht unbeträchtlich übertrifft. An Wassermenge sind die beiden Flüsse fast gleich, doch wiegt auch da die Donau ein wenig vor. Jedenfalls behält letztere ihre Richtung, der Hauptsache nach, wiewohl sie in Oberösterreich viele und starke Krümmungen macht, ungleich entschiedener als der Inn bei, der — kurz vor Passau allerdings in dem bekannten spitzen Winkel scharf umbiegend — eine fast rechtwinklige Knickung erleidet. Zum zweiten mögen Mississippi und Missouri unserem Merkmale unterstellt werden. Hier kann es nun gar keinem Zweifel unterliegen, dass dem ersteren, dessen Quelle hart an der kanadischen Grenze zu suchen ist, bis zum Zusammenflusse bei St. Louis eine weit geringere Lauflänge eignet als dem Missouri zwischen den Black Hills und jener Stadt; ebenso führt dieser letztere, durch den Yellowstone River und andere Seitenflüsse verstärkt, mehr Wasser mit sich. Trotzdem hat die Volksstimme ganz recht gethan, den Mississippi zum Hauptstrome zu erheben, dessen Lauf bis zur Vereinigung und auch nachher strenge die meridionale Richtung einhält, wogegen den Missouri das Schicksal des Inns in noch erhöhtem Masse betrifft. So beurteilt den Sachverhalt auch Wisotzki, der nebenher auch noch mit der Thatsache rechnet, dass die beiden geneigten Flächen, welche von den Appalachen auf der einen Seite, von den Felsengebirgen auf der anderen Seite ausgehen, sich im Mississippithale begegnen.[2]) Damit ist der Fluss selbst eben wieder recht ausgesprochen als ein Thalweg charakterisiert.

[1]) Penck, Die Donau. Wien 1891, S. 12 ff.
[2]) Wisotzki, S. 110 ff.

Ein drastischer Fall von Nichtübereinstimmung zwischen unserer Begriffsfestsetzung und der landläufigen Geographie tritt uns entgegen, wenn wir unser Augenmerk auf Rhône und Saone lenken. Mit Bezug auf diese beiden Flüsse sucht E. Reclus[1]) die Schwierigkeit einer bündigen Regel klar zu machen; wäre, so meint er, die relative Geradlinigkeit entscheidend, so wäre ebenso der Rhône ein Nebenfluss der Saone, wie die Seine ein Nebenfluss der Yonne. Hätte man vor Zeiten die Yonne als Hauptfluss anerkannt, so würde auch in der That Jedermann damit zufrieden gewesen sein. Allein der Sieg der an sich minder richtigen Namenzuteilung ist einmal in diesem, wie auch in dem Falle Rhône-Saone entschieden. Dass übrigens auch erst in jüngerer historischer Zeit Veränderungen in der Bezeichnung von Flussstrecken sich ergeben, zeigt uns die Salzach in ihrem obersten Laufe.[2]) Hier hat sich ganz von selbst im Verlaufe weniger Jahrzehnte die — im Sinne der vorstehenden Darlegungen — richtigere Auffassung zur Geltung gebracht, und man betrachtet jetzt als oberste Salzach denjenigen der beiden sich nahe bei Krimml vereinigenden Flussäste, welcher annähernd geradlinig dahinzieht, mag auch sein Wasserreichtum der zweifellos geringere sein.

Diese Studie hat ausgesprochenermassen nicht den Zweck, eine neue Inangriffnahme strittiger Fragen, eine Revision des onomatologischen Besitzstandes der Geographie in Anregung

---

[1]) E. Reclus, La Terre, 1. Band, Paris 1874, S. 341. Wer hinwiederum die Lauflänge zum alleinigen Massstabe erheben wollte, der müsste sowohl Saone als auch Rhône als Tributäre des Doubs erklären, dessen sonderbare Krümmung ihm eine sehr ansehnliche Erstreckung verleiht.

[2]) Vgl. Schjerning, Der Pinzgau; Physikalisches Bild eines Alpengaues, Stuttgart 1897, S. 69. „Fast alle Reiseberichte aus dem vorigen Jahrhundert lassen die Salzach am Krimmler Tauern entspringen.“ Der Autor ist geneigt, sich auf den gleichen Boden zu stellen, während doch die von ihm als oberster Salzachlauf angesprochene Krimmler Ache ganz offenkundig aus einem Seitenthale kommt. Ein Beleg mehr dafür, wie notwendig eine erneute Prüfung dessen war, was man unter Thalweg und Hauptthal zu verstehen habe.

bringen zu wollen. Sie ging vielmehr lediglich darauf aus, darzuthun, dass die zutreffende Fixierung gewisser Begriffe, bezüglich deren sich ein Gebrauchsrecht herausgebildet hat, schliesslich doch nur durch eine theoretische Behandlung, bei welcher möglichst die geometrische Gesetzmässigkeit zur Norm genommen wird, in einwurfsfreier Weise erzielt werden kann. Hier also kam es darauf an, für die schwankende Bedeutung des Wortes Thalweg eine ganz sichere Grundlage zu gewinnen und im Anschlusse daran auch die Beziehungen zwischen Haupt- und Nebenfluss derart festzulegen, dass für dieselben nicht mehr eine Vielzahl sich häufig widersprechender Faktoren, sondern nur ein einziges Kriterium massgebend sein soll. Nebstdem erwies es sich als möglich, für das hydrographische Gesetz der Konvergenz zweier Wasserläufe eine ausschliesslich von topologischen Gesichtspunkten ausgehende Begründung zu erhalten.

Ueber
ein Verfahren der elektrischen Fernphotographie.

(Vorläufige Mitteilung.)

Von **Arthur Korn.**

(Eingelaufen 1. Februar.)

Bei Gelegenheit von Untersuchungen über Strahlungen, welche von den Elektroden einer zu Drucken von 0,2 bis 2 mm evakuierten Röhre ausgehen, wenn man den Elektroden Hertz'sche Schwingungen zuführt, legte mir die Beobachtung der Empfindlichkeit,[1]) mit der diese Strahlungen auf kleine Veränderungen in der Zuleitung reagieren, den Gedanken nahe, diese photographisch ausserordentlich wirksamen Strahlungen zu einer Methode der elektrischen Fernphotographie zu benützen.

Bei allen solchen Methoden handelt es sich darum, im Geber Lichtintensitäten in Stromintensitäten und im Empfänger umgekehrt Stromintensitäten in Lichtintensitäten umzusetzen (oder in Strahlungen, welche photographisch wirksam sind).

Das Princip des Gebers beruht, wie bei allen in ähnlicher Richtung bereits gemachten Versuchen,[2]) auf der Eigenschaft des Selens, durch Belichtung seinen ausserordentlich grossen elektrischen Widerstand teilweise zu verlieren; das Grundprincip des von mir konstruierten Empfängers beruht auf folgender Erscheinung:

---

[1]) Annalen der Physik (4) 5 S. 136 „Ueber die helle J-Fläche Jaumanns.

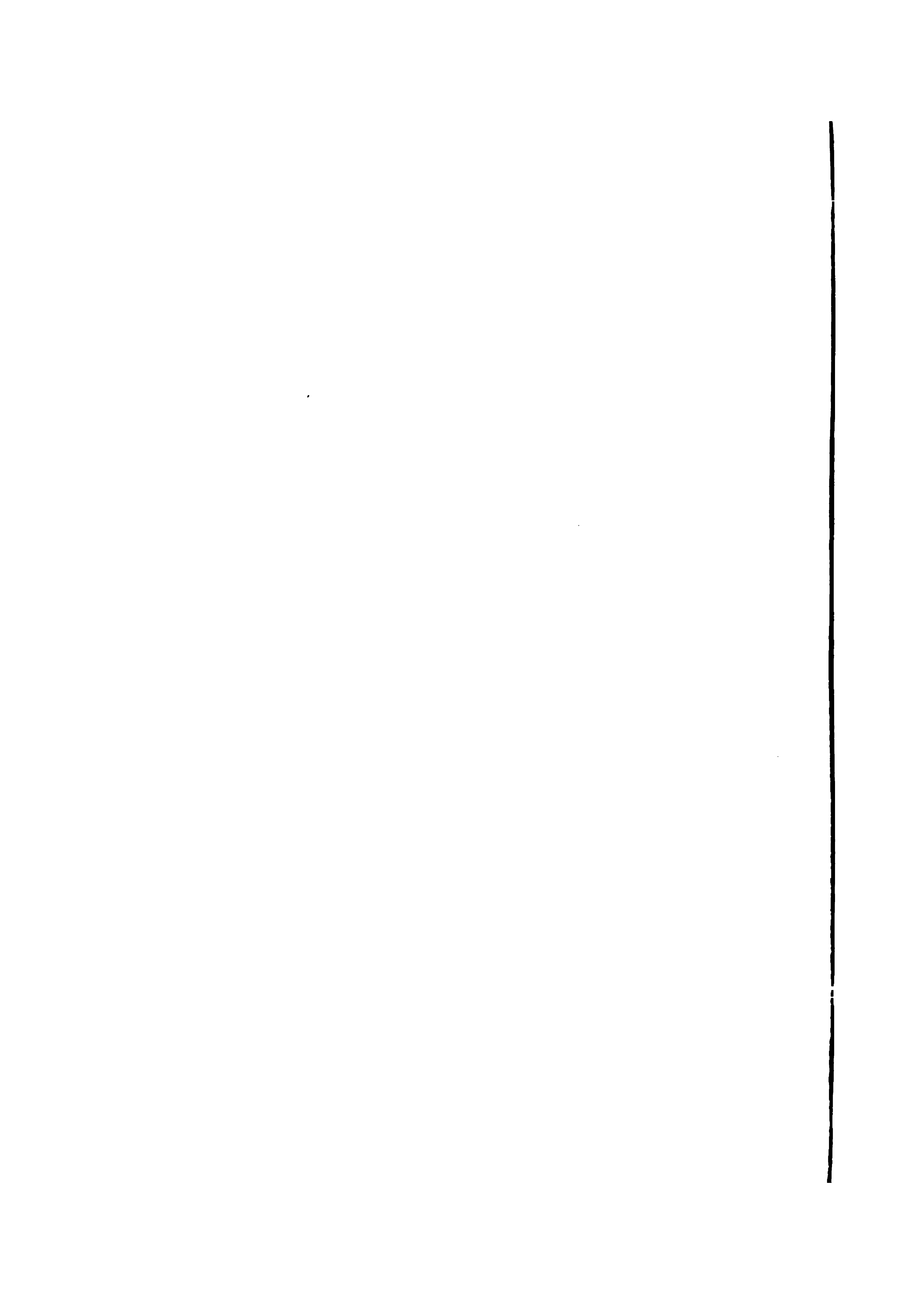
[2]) Eine gute historische Uebersicht über solche Versuche findet man in den Schriften von Liesegang (Ed. Liesegangs Verlag, Düsseldorf).

Schaltet man in die Leitung von einem Teslapole zu einer Elektrode einer zu 0,2 bis 2 mm Druck evakuierten Röhre (deren zweite Elektrode zur Erde abgeleitet ist) eine Funkenstrecke ein, so kann man durch Aenderung dieser Funkenstrecke die Intensität der in der Röhre auftretenden Strahlungen regulieren. Bei zu tiefem Druck in der Röhre gehen die Hertz'schen Schwingungen nicht mehr durch die Röhre (wenn man die excitierenden Funken des Teslaapparates nicht sehr gross macht), und bei zu hohen Drucken sind die Strahlungen zu schwach, so dass für die hier angestrebten Verwendungen ein Druck von 0,2 bis 2 mm am geeignetsten ist.

Um nun die Funkenstrecke durch die vom Geber kommenden elektrischen Ströme zu regulieren, wird ein astatisches Multiplikator-Galvanometer benützt; der Coconfaden, an dem das astatische Nadelpaar hängt, wird verkürzt und in demselben ein kleines Kautschukstäbchen eingeschaltet, das in der Mitte eine zu dem Stäbchen senkrechte Messingnadel mit umgebogener Spitze trägt; der Spitze gegenüber wird eine feste Nadel aufgestellt, die bewegliche Nadel wird mit dem Teslapole, die feste mit der Elektrode der Röhre verbunden. Je nach der Intensität des vom Geber kommenden und durch den Multiplikator gehenden Stromes wird die Funkenstrecke zwischen der festen und der beweglichen Nadel kleiner oder grösser und entsprechend die Strahlung in der Röhre mehr oder weniger intensiv.

Wenn man im Geber zwischen einer Lichtquelle und einer Selenzelle eine photographische Platte (oder Film) zeilenweise vorbeizieht, so wird ein durch die Zelle und den Multiplikator im Empfänger geleiteter Strom je nach den helleren und dunkleren Stellen des Bildes abwechselnd grösser und kleiner werden und in der Röhre des Empfängers abwechselnd mehr oder weniger intensive Strahlungen erzeugen. Wenn man die Röhre mit Staniol und schwarzem Papier überklebt und nur ein kleines Fenster freilässt, können auf photographischem Papier, das an dem Fenster ähnlich wie eine Phonographenwalze an der Membran vorbeiläuft, jene Strahlungen das Bild des Gebers reproducieren.

Eine eingehende Beschreibung eines nach diesen Principien konstruierten Apparates werde ich demnächst an anderer Stelle geben, es sei hier nur ein Punkt noch besonders hervorgehoben: Zur Erzeugung der Strahlungen in der evakuierten Röhre können nicht etwa Schwingungen gebraucht werden, welche direkt z. B. von den Funken einer Influenzmaschine erzeugt werden, weil in diesem Falle die bewegliche Nadel, durch welche die Leitung zur Röhre geht, grösseren elektrostatischen Wirkungen ausgesetzt wäre und die von ihr verlangte Funktion nicht erfüllen könnte; aus diesem Grunde sind grade zur Erzeugung der Strahlungen die Hertz'schen Schwingungen gewählt, wie sie durch die sog. Teslaströme geliefert werden.



Das Problem der conformen Abbildung für eine specielle Kurve von der Ordnung $3n$.

Von **Newel Perry.**

(Eingelaufen 1. Februar.)

§ 1.

Die Gleichung einer circularen Kurve dritter Ordnung in der Ebene $t = u + iv$ ist:

$$t t_1 (a t + a_1 t_1 + \beta) + \gamma t^2 + \gamma_1 t_1^2 + \delta t + \delta_1 t_1 + \varepsilon = 0, \quad (1)$$

wobei $t_1 = u - iv$ gesetzt ist.

Macht man die Transformation

$$t = \varphi(z), \text{ wo}$$

$$\varphi(z) \equiv z^n + p_1 z^{n-1} + \ldots + p_n, \quad (2)$$

so erhält man in der Ebene $z = x + iy$, $z_1 = x - iy$ eine „n-fach circulare“ Kurve von der Ordnung $3n$, nemlich:

$$\varphi(z) \cdot \varphi_1(z_1) \cdot [a \varphi(z) + a_1 \varphi_1(z_1) + \beta] + \gamma \cdot \varphi^2(z) + \gamma_1 \varphi_1^2(z_1) + \delta \varphi(z) + \delta_1 \varphi_1(z_1) + \varepsilon = 0. \quad (3)$$

Im Anschlusse an eine von Herrn Lindemann gegebene Methode,[1] nach der Herr Göttler die Kurve (1) behandelt hat,[2] habe ich in meiner Inaugural-Dissertation[3] die Kurve (3)

---

[1] Sitzungsberichte der k. bayer. Akademie d. Wiss. 1895 und 1896; Schriften der physikalisch-ökonomischen Gesellschaft zu Königsberg i. Pr., Bd. 32, 1894.

[2] Sitzungsberichte der k. bayer. Akademie d. Wiss. 1900.

[3] Das Problem der conformen Abbildung für eine specielle Kurve von der Ordnung $3n$. München 1901.

näher untersucht und gezeigt, dass das Problem der conformen Abbildung für ein von einer derartigen Kurve begrenztes Flächenstück immer mit Hilfe einer integrierbaren Differentialgleichung zweiter Ordnung gelöst werden kann, wenn bei Beibehaltung der früheren Bezeichnungsweise

$$2 + 2\sum_{i=1}^{m} \varkappa_i + \sum_{i=1}^{r} (\lambda_i - 2) - 2s + \sum_{i=1}^{\mu} (\alpha_i - 1) + \sum_{i=1}^{\varrho} \frac{\beta_i - 1}{2} - \sigma + \pi = 0 \text{ ist.}^{1)} \tag{4}$$

Hierin sind die Constanten $\varkappa_i$, λ_i, α_i, β_i, s, σ, π durch folgende Festsetzungen erklärt.

Wenn die vier Brennpunkte der Kurve (1) $t = a_1$, $t = a_2$, $t = a_3$, $t = a_4$ von einander verschieden sind, so sei

$$R(z) = [\varphi(z) - a_1][\varphi(z) - a_2][\varphi(z) - a_3][\varphi(z) - a_4] = \prod_{i=1}^{i=\nu''} (z - h_i)^{\lambda_i}, \text{ wo } \nu'' \leqq 4n, \; \Sigma\lambda_i = 4n.$$

Hat jene Kurve aber einen Doppelpunkt, so sei $a_1 = a_2 = a$; und es wird:

$$\varphi(z) - a = \prod_{i=1}^{n'} (z - g_i)^{\tau_i}$$

$$R(z) = \prod_{i=1}^{n''} (z - h_i)^{\lambda_i} \cdot \prod_{i=1}^{n'} (z - g_i)^{2\tau_i},$$

wobei

$$n' \leqq n; \; n'' \leqq 2n; \; \Sigma\lambda_i = 2n; \; \Sigma\tau_i = n.$$

Es ist $n' = n$, wenn alle τ_i gleich 1 sind, ebenso $n'' = 2n$, wenn alle λ_i gleich 1 sind. Die Constanten $\varkappa_i$ sind durch die Gleichung

$$\varphi'(z) = \prod_{i=1}^{\nu'} (z - q_i)^{\varkappa_i}, \text{ wo } \nu' \leqq n - 1, \; \Sigma\varkappa_i = n - 1$$

definirt, welche die Brennpunkte der Kurve $3n^{\text{tor}}$ Ordnung (3) bestimmt.

---

[1]) Inaug.-Diss. Gleichung (22) pag. 23.

Die Zahl σ gibt an, durch wie viele Windungspunkte der t-Ebene (entstanden durch die Beziehung $t = \varphi(z)$) die Kurve (1) hindurchgeht ($\sigma = 0, 1, 2, \ldots$ oder $n - 1$), während τ solche Windungspunkte noch in den Brennpunkten a_1, a_2, a_3, a_4 liegen können. Die Kurve (3) hat dann σ Doppelpunkte, τ andere zweifache Brennpunkte und $4n - 2\tau$ einfache Brennpunkte.

Hat aber die Kurve (1) einen Doppelpunkt, so hat die Kurve (3) $\sigma + n$ Doppelpunkte, τ andere zweifache Brennpunkte und $2n - 2\tau$ einfache Brennpunkte.

Liegt der Doppelpunkt von (1) in einem Windungspunkte, so hat die Kurve (3) $n + \sigma - 2$ Doppelpunkte, und an einer andern Stelle noch zwei zusammenfallende Doppelpunkte.

Die Zahlen α_i, β_i und π beziehen sich auf die Winkel, welche in den Verzweigungspunkten bei der Abbildung auf die Halbebene zu berücksichtigen sind.

Ist die Bedingung (4) nicht erfüllt, so führt folgender Weg zum Ziel.

Die Gleichung (3) ergab durch Differentiation

$$\frac{\varphi'(z) \cdot z'}{\sqrt{R(z)}} = - \frac{\varphi_1'(z_1) \cdot z_1'}{\sqrt{R_1(z_1)}}. \tag{5}$$

Hiebei ist:

$$\begin{aligned} R(z) = \alpha^2 \varphi^4(z) &+ \varphi^3(z) \cdot [2\alpha\beta - 4\alpha_1\gamma] \\ &+ \varphi^2(z)[\beta^2 + 2\alpha\delta_1 - 4\alpha_1\delta - 4\gamma\gamma_1] \\ &+ \varphi(z) \cdot [2\beta\delta_1 - 4\alpha_1\varepsilon - 4\gamma_1\delta] \\ &+ (\delta_1^2 + 4\gamma_1\varepsilon). \end{aligned}$$

Setzt man

$$s' = \frac{ds}{dZ} = \frac{\varphi'(z) z'}{\sqrt{R(z)}},$$

so ist nach Gleichung (5)

$$s' = - s_1'.$$

Man erhält leicht:

$$\frac{d^2}{dZ^2}[\log s'] - \tfrac{1}{2}\left[\frac{d}{dZ}\log s'\right]^2 = \frac{d^2}{dZ^2}[\log s_1'] - \tfrac{1}{2}\left[\frac{d}{dZ}\log s_1'\right]^2.$$

Setzt man noch:

$$\{s, Z\} = \frac{d^2}{dZ^2}[\log s'] - \tfrac{1}{2}\left[\frac{d}{dZ}\log s'\right]^2,$$

so ist $\{s, Z\}$ die bekannte Schwarz'sche Funktion, die bei der Abbildung eines Kreisbogenpolygons auftritt.

$\{s, Z\}$ ist also eine Funktion, welche für reelle Werte von Z reell ist, solange z einen Punkt der Kurve (3) bezeichnet.

Berechnet man $\frac{d}{dZ}[\log s']$ und $\frac{d^2}{dZ^2}[\log s']$, so ergibt sich leicht:

$$\begin{aligned}\{s, Z\} &= \frac{\varphi'''}{\varphi'}z'^2 - \tfrac{3}{2}\cdot\frac{\varphi''^2}{\varphi'^2}z'^2 + \frac{z'''}{z'} - \tfrac{3}{2}\frac{z''^2}{z'^2} \\ &\quad - \tfrac{1}{2}\frac{R''}{R}z'^2 + \tfrac{3}{8}\frac{R'^2}{R^2}z'^2 + \tfrac{1}{2}\frac{\varphi''}{\varphi'}\cdot\frac{R'}{R}z'^2.\end{aligned} \tag{6}$$

Hiebei ist $\varphi''' = \frac{d^3\varphi(z)}{dZ^3}$ u. s. w.; $z''' = \frac{d^3 z}{dZ^3}$, dagegen $R'' = \frac{d^2 R(z)}{dz^2}$ u. s. w.

§ 2.

Die Pole der Funktion $\{s, Z\}$ sind offenbar die Nullpunkte der Funktionen φ und R, d. h. die früher mit $z = q_i$, $z = h_i$ und $z = g_i$ bezeichneten Punkte, welche im Innern oder am Rande des betrachteten Flächenstückes liegen.

Die Funktion $\frac{d}{dZ}[\log s']$ ist identisch mit der in der Inaugural-Dissertation in Gleichung (11a) und (11b) definierten Funktionen $F(z, Z)$. Dort sind im zweiten Kapitel die Pole von $F(z, Z)$ in den Abschnitten I bis VIII untersucht, und es ist die analytische Darstellung von $F(z, Z)$ in der Nähe der Pole bereits gegeben.

Es hat sich gezeigt, dass $F(z, Z)$ nur Pole erster Ordnung besitzt und als Funktion von Z in der Nähe eines jeden Poles $Z = K$ somit die Darstellung hat

$$\frac{d}{dZ}[\log s'] = \frac{k}{Z-K} + k_0 + k_1(Z-K) + \dots \tag{7}$$

Hieraus folgt:

$$\frac{d^2}{dZ^2}[\log s'] = \frac{-k}{(Z-K)^2} + k_1 + 2k_2(Z-K) + \dots$$

und:

$$\left[\frac{d}{dZ}\log s'\right]^2 = \frac{k^2}{(Z-K)^2} + \frac{2kk_0}{Z-K} + (k_0^2 + 2kk_1)$$
$$+ 2(k_0k_1 + kk_2)\cdot(Z-K) + \dots,$$

folglich:

$$\{s, Z\} = -\frac{k}{2}(k+2)\cdot\frac{1}{(Z-K)^2} + \frac{k'}{Z-K} + \mathfrak{P}(Z-K). \quad (8)$$

Hiebei ist $k' = -kk_0$. Ist also das Residuum in irgend einem Pol der Funktion $\frac{d}{dZ}[\log s']$ bekannt, so ist auch das zweite Residuum der Funktion $\{s, Z\}$ in diesem Pole gegeben, dagegen ist das erste Residuum dieser letzteren Funktion eine unbestimmte Constante k'.

I. Liegt ein Punkt $z = q_i$, welcher nicht mit einem Punkt g_i oder h_i zusammenfällt, im Innern des betrachteten Flächenstückes und ist die komplexe Zahl $Z = A_i$ sein Bild, so haben wir (nach Inaug.-Diss. 13b) die Darstellung

$$\frac{d}{dZ}[\log s'] = \frac{\varkappa_i}{Z-A_i} + \mathfrak{P}(Z-A_i),$$

folglich ist nach Gleichung (8)

$$\{s, Z\} = -\frac{\varkappa_i}{2}(\varkappa_i + 2)\cdot\frac{1}{(Z-A_i)^2} + \frac{a_i}{Z-A_i} + \mathfrak{P}(Z-A_i). \quad (9)$$

II. Liegt ein Punkt $z = h_i$ im Innern des Flächenstückes und ist die komplexe Zahl $Z = B_i$ dessen Bild, so ist (nach Inaug.-Diss. 14b)

$$\frac{d}{dZ}[\log s'] = \frac{\lambda_i - 2}{2}\cdot\frac{1}{Z-B_i} + \mathfrak{P}(Z-B_i),$$

folglich nach Gleichung (8)

$$\{s, Z\} = \frac{4-\lambda_i^2}{8}\cdot\frac{1}{(Z-B_i)^2} + \frac{b_i}{Z-B_i} + \mathfrak{P}(Z-B_i). \quad (10)$$

III. Liegt ein Punkt $z = g_i$ im Innern des Flächenstückes und ist die komplexe Zahl $Z = C_i$ dessen Bild, so ist in der Nähe dieser Stelle (Inaug.-Diss. 15 b)

$$\frac{d}{dZ}[\log s'] = \frac{-1}{Z - C_i} + \mathfrak{P}(Z - C_i),$$

folglich nach Gleichung (8)

$$\{s, Z\} = \tfrac{1}{2} \cdot \frac{1}{(Z - C_i)^2} + \frac{c_i}{Z - C_i} + \mathfrak{P}(Z - C_i). \qquad (11)$$

IV. Liegt ein Punkt $z = q_i$, welcher nicht mit einem h_i oder g_i zusammenfällt, am Rande des Flächenstückes und ist die reelle Zahl $Z = D_i$ sein Bild, so ist (Inaug.-Diss. 16 c)

$$\frac{d}{dZ}[\log s'] = \frac{a_i - 1}{Z - D_i} + \mathfrak{P}(Z - D_i),$$

folglich nach Gleichung (8)

$$\{s, Z\} = \frac{1 - a_i^2}{2} \cdot \frac{1}{(Z - D_i)^2} + \frac{d_i}{Z - D_i} + \mathfrak{P}(Z - D_i). \qquad (12)$$

V. Liegt $z = h_i$ am Rande des Flächenstückes und ist $Z = E_i$ dessen Bild, so ist (Inaug.-Diss. 17 c)

$$\frac{d}{dZ}[\log s'] = \frac{\beta_i - 1}{2} \cdot \frac{1}{Z - E_i} + \mathfrak{P}(Z - E_i),$$

und mithin nach Gleichung (8)

$$\{s, Z\} = \frac{(1 - \beta_i)(3 + \beta_i)}{8} \cdot \frac{1}{(Z - E_i)^2} + \frac{e_i}{Z - E_i} + \mathfrak{P}(Z - E_i). \qquad (13)$$

VI. Liegt $z = g_i$ am Rande des Flächenstückes mit dem Bildpunkte $Z = F_i$, so ist (Inaug.-Diss. 18 b)

$$\frac{d}{dZ}[\log s'] = \frac{-1}{Z - F_i} + \mathfrak{P}(Z - F_i),$$

mithin nach Gleichung (8)

$$\{s, Z\} = \tfrac{1}{2} \cdot \frac{1}{(Z - F_i)^2} + \frac{f_i}{Z - F_i} + \mathfrak{P}(Z - F_i). \qquad (14)$$

VII. Liegt der Punkt $z = \infty$ im Innern des Flächenstückes und ist $Z = G$ das Bild dieses Punktes, so ist (Inaug.-Diss. 19b)

$$\frac{d}{dZ}[\log s'] = \frac{n-1}{Z-G} + \mathfrak{P}(Z-G),$$

Gleichung (8) ergibt hieraus:

$$\{s, Z\} = \frac{1-n^2}{2} \cdot \frac{1}{(Z-G)^2} + \frac{g}{Z-G} + \mathfrak{P}(Z-G). \quad (15)$$

VIII. Liegt der Punkt $z = \infty$ ν-mal am Rande des Flächenstückes und sind die entsprechenden Bildpunkte $Z = G_i$, so ist (Inaug.-Diss. 20 b)

$$\frac{d}{dZ}[\log s'] = \frac{\delta_i - 1}{Z-G_i} + \mathfrak{P}(Z-G_i),$$

mithin nach Gleichung (8)

$$\{s, Z\} = \frac{1-\delta_i^2}{2} \cdot \frac{1}{(Z-G_i)^2} + \frac{g_i}{Z-G_i} + \mathfrak{P}(Z-G_i). \quad (16)$$

Das abzubildende Flächenstück habe die folgenden Eigenschaften (vgl. Inaug.-Diss. pag. 19):

1. Die m Punkte $z = q_i$, $i = 1, 2 \dots m$, welche nicht mit einem h_i oder g_i zusammenfallen, liegen im Innern des Flächenstückes; das Bild des Punktes q_i sei die komplexe Zahl $Z = A_i$.
2. Die r Punkte $z = h_i$, $i = 1, 2 \dots r$ liegen im Innern; das Bild des Punktes $z = h_i$ sei die komplexe Zahl $Z = B_i$.
3. Die s Punkte $z = g_i$, $i = 1, 2 \dots s$ liegen im Innern; das Bild des Punktes $z = g_i$ sei die komplexe Zahl $Z = C_i$.
4. Die μ Punkte $z = q_i$, $i = 1, 2 \dots \mu$ liegen am Rande des Flächenstückes; der Winkel an der Ecke $z = q_i$ sei $\frac{a_i \cdot \pi}{\varkappa_i + 1}$, wo a_i eine der Zahlen $1, 2, 3 \dots 2 \cdot (\varkappa_i + 1)$ ist; das Bild des Punktes $z = q_i$ sei die reelle Zahl $Z = D_i$.
5. Die ϱ Punkte $z = h_i$, $i = 1, 2 \dots \varrho$ liegen am Rande des Flächenstückes; der Winkel an der Ecke $z = h_i$ habe die Grösse $\frac{\beta_i \cdot \pi}{\lambda_i}$, wo β_i eine der Zahlen $1, 2, 3 \dots (2 \cdot \lambda_i)$ ist; das Bild des Punktes $z = h_i$ ist die reelle Zahl $Z = E_i$.

6. Die σ Punkte $z = g_i$, $i = 1, 2 \ldots . \sigma$ liegen am Rande; der Winkel im Punkte $z = g_i$ habe die Grösse $\frac{\gamma_i \cdot \pi}{\tau_i}$; das Bild des Punktes $z = g_i$ sei die reelle Zahl $Z = F_i$.

7. Wenn der Punkt $z = \infty$ im Innern des Flächenstückes liegt, so sei die komplexe Zahl $Z = G$ sein Bild.

8. Liegt $z = \infty$ ν mal am Rande des Flächenstückes, so seien die Winkel in diesen Punkten $\frac{\delta_i \cdot \pi}{n}$, $i = 1, 2, 3 \ldots . \nu$, wobei δ_i eine der Zahlen $1, 2, 3 \ldots . 2n$ ist. Das Bild derjenigen Ecke $z = \infty$, die den Winkel $\frac{\delta_i \cdot \pi}{n}$ besitzt, sei die reelle Zahl $Z = G_i$.

Zur Abkürzung setzt man, wenn A_i und A_i' ebenso a_i und a_i' u. s. w. konjugierte Zahlen sind,

$$\begin{aligned}
\Psi(z, Z) = \{s, Z\} & - \sum_{i=1}^{m} \left[-\frac{\varkappa_i}{2}(\varkappa_i + 2) \frac{1}{(Z - A_i)^2} + \frac{a_i}{Z - A_i} \right] \\
& - \sum_{i=1}^{m} \left[-\frac{\varkappa_i}{2}(\varkappa_i + 2) \frac{1}{(Z - A_i')^2} + \frac{a_i'}{Z - A_i'} \right] \\
& - \sum_{i=1}^{r} \left[\frac{4 - \lambda_i^2}{8} \cdot \frac{1}{(Z - B_i)^2} + \frac{b_i}{Z - B_i} \right] \\
& - \sum_{i=1}^{r} \left[\frac{4 - \lambda_i^2}{8} \cdot \frac{1}{(Z - B_i')^2} + \frac{b_i'}{Z - B_i'} \right] \\
& - \sum_{i=1}^{s} \left[\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{(Z - C_i)^2} + \frac{c_i}{Z - C_i} \right] \qquad (17) \\
& - \sum_{i=1}^{s} \left[\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{(Z - C_i')^2} + \frac{c_i'}{Z - C_i'} \right] \\
& - \sum_{i=1}^{\mu} \left[\frac{1 - \alpha_i^2}{2} \cdot \frac{1}{(Z - D_i)^2} + \frac{d_i}{Z - D_i} \right] \\
& - \sum_{i=1}^{\varrho} \left[\frac{(1 - \beta_i)(3 + \beta_i)}{8} \cdot \frac{1}{(Z - E_i)^2} + \frac{e_i}{Z - E_i} \right] \\
& - \sum_{i=1}^{\sigma} \left[\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{(Z - F_i)^2} + \frac{f_i}{Z - F_i} \right] \\
& - S.
\end{aligned}$$

Die Grösse S ist eingeführt, um die drei Fälle, wo der Punkt $z=\infty$ im Innern, auf dem Rande oder ausserhalb des Flächenteiles liegt, zugleich behandeln zu können. Es ist nemlich:

a) wenn $z=\infty$ weder im Innern noch am Rande liegt

$$S=0;$$

b) wenn $z=\infty$ im Innern liegt

$$S=\frac{1-n^2}{2}\cdot\frac{1}{(Z-G)^2}+\frac{g}{Z-G}$$
$$+\frac{1-n^2}{2}\cdot\frac{1}{(Z-G')^2}+\frac{g'}{Z-G'};$$

c) wenn $z=\infty$ ν-mal am Rande liegt

$$S=\sum_{i=1}^{\nu}\left[\frac{1-\delta_i^2}{2}\cdot\frac{1}{(Z-G_i)^2}+\frac{g_i}{Z-G_i}\right].$$

Diese Funktion $\Psi(z, Z)$ hat im Endlichen keinen Pol und ist reell, wenn Z reell und z ein Punkt der Kurve (3) ist.

§ 3.

Um das Verhalten der Funktion $\Psi(z, Z)$ in der Nähe des Punktes $Z=\infty$ zu studieren, setzen wir $Z=\frac{1}{\zeta}$ und bilden $\Psi\left(z, \frac{1}{\zeta}\right)$.

Es ist:
$$\frac{dz}{dZ}=-\frac{dz}{d\zeta}\cdot\zeta^2$$
$$s'=\frac{-\varphi'(z)}{\sqrt{R(z)}}\cdot\frac{dz}{d\zeta}\cdot\zeta^2$$
$$\frac{d}{dZ}[\log s']=\left[\frac{d}{d\zeta}(\log\varphi')-\tfrac{1}{2}\frac{d}{d\zeta}(\log R)+\frac{2}{\zeta}\right]\cdot(-\zeta^2)$$
$$=-\zeta^2\cdot\frac{d}{d\zeta}(\log\varphi')+\tfrac{1}{2}\zeta^2\frac{d}{d\zeta}(\log R)-2\zeta$$
$$\{s, Z\}=\zeta^4\frac{d^2}{d\zeta^2}(\log\varphi')-\tfrac{1}{2}\zeta^4\frac{d^2}{d\zeta^2}(\log R)$$
$$-\tfrac{1}{2}\zeta^4\left[\frac{d}{d\zeta}(\log\varphi')\right]^2-\tfrac{1}{8}\zeta^4\left[\frac{d}{d\zeta}(\log R)\right]^2$$
$$+\tfrac{1}{2}\zeta^4\cdot\frac{d}{d\zeta}(\log\varphi')\cdot\frac{d}{d\zeta}(\log R). \tag{18}$$

Durch die Substitution $Z = \frac{1}{\zeta}$ ist ferner

$$\begin{aligned}\frac{k'}{(Z-K)^2} + \frac{k}{Z-K} &= k'\zeta^2(1-K\zeta)^{-2} + k\zeta(1-K\zeta)^{-1} \\ &= k'\zeta^2[1 + 2K\zeta + 3K^2\zeta^2 + \ldots] \\ &= k\zeta[1 + K\zeta + K^2\zeta^2 + K^3\zeta^3 + \ldots].\end{aligned} \tag{19}$$

Da $\left\{s, \frac{1}{\zeta}\right\}$ für $\zeta = 0$ Null von der Ordnung vier wird, so muss $\Psi\left(z, \frac{1}{\zeta}\right)$ ebenfalls Null von der Ordnung vier werden für $\zeta = 0$; d. h. in $\Psi\left(z, \frac{1}{\zeta}\right)$ muss der Faktor von ζ, ζ^2 und von ζ^3 einzeln Null ergeben. Hiernach haben wir für die Constanten a_i, b_i, c_i u. s. w. die folgenden drei Bedingungsgleichungen.

$$\begin{aligned}\text{I.} \quad &\sum_{i=1}^{m}(a_i + a_i') + \sum_{i=1}^{r}(b_i + b_i') + \sum_{i=1}^{s}(c_i + c_i') \\ &+ \sum_{i=1}^{\mu} d_i + \sum_{i=1}^{\varrho} e_i + \sum_{i=1}^{\sigma} f_i + S_1 = 0.\end{aligned} \tag{20a}$$

Hiebei ist:

a) wenn $z = \infty$ weder im Innern noch am Rande liegt,

$$S_1 = 0;$$

b) wenn $z = \infty$ im Innern liegt,

$$S_1 = g + g';$$

c) wenn $z = \infty$ ν-mal am Rande liegt,

$$S_1 = \sum_{i=1}^{\nu} g_i.$$

$$\text{II.}\quad \begin{aligned}&\sum_{i=1}^{m}[-\varkappa_i(\varkappa_i+2)+a_iA_i+a_i'A_i']\\ &+\sum_{i=1}^{r}\left[\frac{4-\lambda_i^2}{4}+b_iB_i+b_i'B_i'\right]\\ &+s+\sum_{i=1}^{s}\left[c_iC_i+c_i'C_i'\right]\\ &+\sum_{i=1}^{\mu}\left[\frac{1-\alpha_i^2}{2}+d_iD_i\right]\\ &+\sum_{i=1}^{\varrho}\frac{(1-\beta_i)(3+\beta_i)}{8}+e_iE_i\Big]\\ &+\sum_{i=1}^{\sigma}(f_iF_i)+\frac{\sigma}{2}+S_2=0.\end{aligned}\qquad (20\text{b})$$

Hiebei ist bez. in den drei obigen Fällen

a) $S_2=0$,

b) $S_2=1-n^2+gG+g'G'$,

c) $S_2=\sum_{i=1}^{\nu}\left[\frac{1-\delta_i^2}{2}+g_iG_i\right]$.

$$\text{III.}\quad \begin{aligned}&\sum_{i=1}^{m}\left[-\frac{\varkappa_i}{2}(\varkappa_i+2)(A_i+A_i')+a_iA_i^2+a_i'A_i'^2\right]\\ &+\sum_{i=1}^{r}\left[\frac{4-\lambda_i^2}{8}(B_i+B_i')+b_iB_i^2+b_i'B_i'^2\right]\\ &+\sum_{i=1}^{s}[\tfrac{1}{2}(C_i+C_i')+c_iC_i^2+c_i'C_i'^2]\\ &+\sum_{i=1}^{\mu}\left[\frac{1-\alpha_i^2}{2}D_i+d_iD_i^2\right]\\ &+\sum_{i=1}^{\varrho}\left[\frac{(1-\beta_i)(3+\beta_i)}{8}E_i+e_iE_i^2\right]\\ &+\sum_{i=1}^{\sigma}[\tfrac{1}{2}\cdot F_i+f_iF_i^2]+S_3=0.\end{aligned}\qquad (20\text{c})$$

Hiebei ist bez. in den drei obigen Fällen

a) $S_3 = 0$,

b) $S_3 = \frac{1 - n^2}{2}(G + G') + g G^2 + g' G'^2$

c) $S_3 = \sum_{i=1}^{\nu} \left[\frac{1 - \delta_i^2}{2} G_i + g_i G_i^2 \right]$

Da die Funktion $\Psi(z, Z)$ für keinen Wert von Z unendlich wird und überall in der Z-Ebene holomorph ist, so ist sie nach den Lehren der Funktionentheorie eine Constante.

Für $Z = \infty$ oder $\zeta = 0$ ist aber $\Psi = 0$; und folglich ist die Abbildung eines beliebigen Flächenstückes, das von der Kurve (3) begrenzt wird, abhängig von der Differentialgleichung dritter Ordnung

$$\Psi(z, Z) = 0. \tag{21}$$

Für den Fall, dass die in obiger Gleichung (4) angegebene Bedingung für das abzubildende Flächenstück erfüllt ist, ist unsere Gleichung $\Psi(z, Z) = 0$ zurückgeführt auf die Differentialgleichung zweiter Ordnung, welche in Gleichung (23) der Inaugural-Dissertation angegeben ist, und welche durch Quadraturen gelöst werden konnte.

Sitzung vom 1. März 1902.

1. Herr Karl Göbel hält einen Vortrag: „Ueber Homologie in der Entwicklung weiblicher und männlicher Geschlechtsorgane.“ Derselbe wird anderweitig veröffentlicht werden.

2. Herr Richard Hertwig spricht „über das Befruchtungsproblem“.

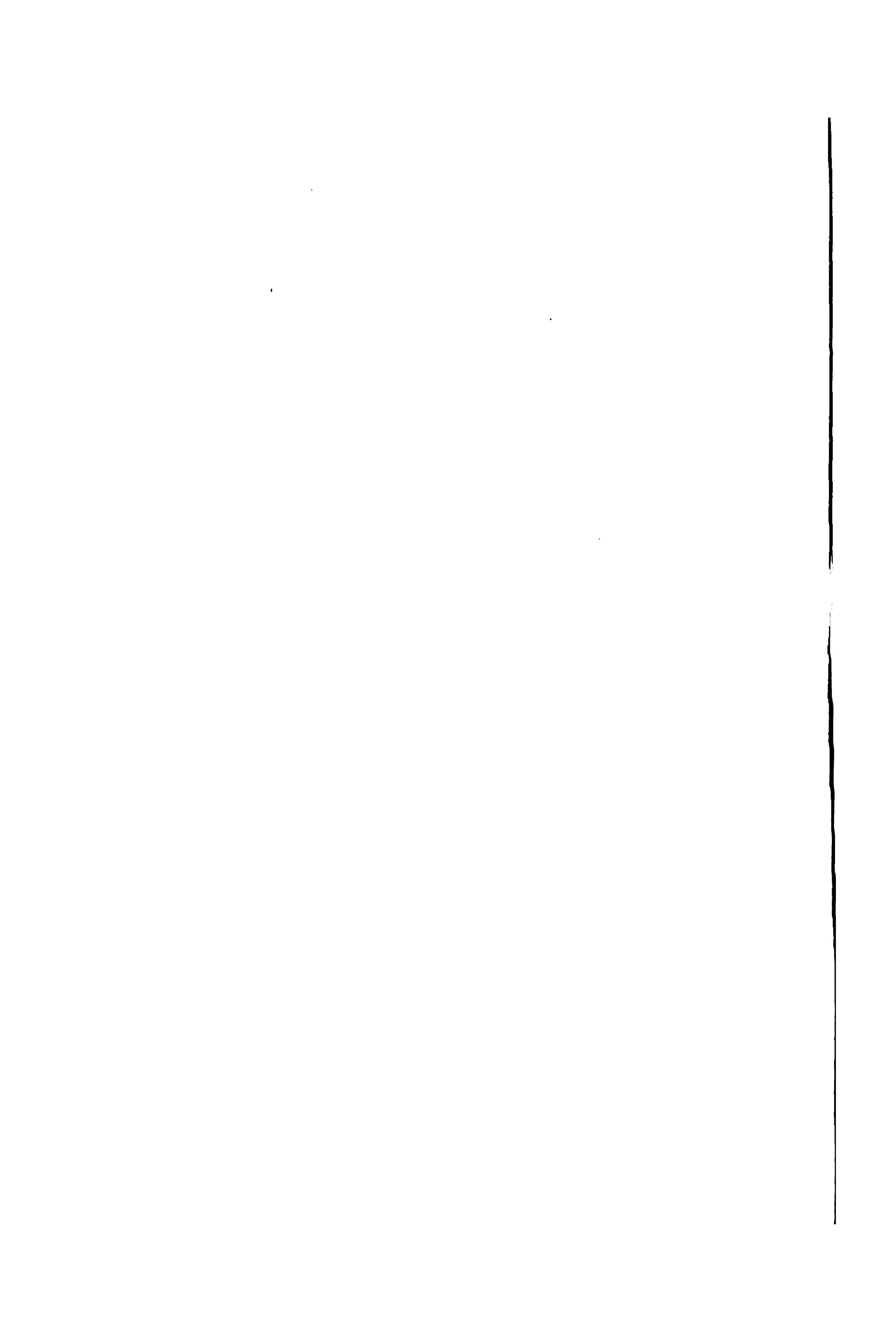
3. Herr Richard Hertwig legt eine Abhandlung des Herrn Dr. Franz Doflein, Custos an der zoologisch-zootomischen Sammlung „über Decapoden Ostasiens“ vor. Dieselbe ist für die Denkschriften bestimmt.

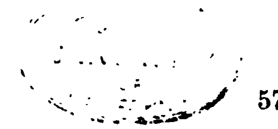
4. Herr Siegmund Günther trägt über „die Entwicklung des Winkelmessens mit dem Jakobsstabe“ vor. Es wird darüber an einer anderen Stelle eine Veröffentlichung erfolgen.

5. Herr Alfred Pringsheim überreicht einen Aufsatz des Herrn Dr. Arthur Korn, Privatdozenten an der hiesigen Universität: „Ueber den einfachsten semidefiniten Fall in der eigentlichen Variationsrechnung.“

6. Herr Gustav Bauer legt eine Abhandlung des Herrn Dr. Hermann Brunn, Privatdozenten an der hiesigen Universität, „ein Mittelwerthssatz über bestimmte Integrale“ vor.

7. Herr Adolf v. Baeyer macht eine Mittheilung „über Abkömmlinge des Triphenylmethan's“. Dieselbe kommt an einem andern Orte zur Veröffentlichung.





Ueber Wesen und Bedeutung der Befruchtung.

Von **Richard Hertwig.**

(*Eingelaufen 26. März.*)

Als mein Bruder zum ersten Mal durch seine Untersuchungen an Seeigeleiern eine sichere Beobachtungsbasis für die Lehre von der Befruchtung schuf, definirte er den Vorgang der Befruchtung als die Vereinigung geschlechtlich differenzirter Kerne. Diese Auffassung wurde dann schärfer ausgeprägt durch v. Beneden, welcher die beiden Geschlechtskerne, den „pronucleus mâle" und „pronucleus femel" für Halbkerne erklärte, welche sich vereinigen müssten, um einen mit allen Eigenschaften des Zellkerns ausgerüsteten, für die Entwicklung nothwendigen Furchungskern zu liefern. Von Anfang an geneigt den Grund zum sexuellen Dimorphismus in den verschiedenen Eigenschaften der Geschlechtskerne zu suchen, kam ich von dieser Auffassung bald zurück, als ich an Eiern die völlige Gleichartigkeit von Samen- und Eikern nachweisen konnte, wenn man durch geeignete Eingriffe ihre Vereinigung verhindert, als ich ferner die Befruchtungsvorgänge der Infusorien kennen lernte, bei denen die Unterschiede „männlich" und „weiblich" meistentheils überhaupt nicht durchführbar sind. Indem ich so die vollkommene Gleichwerthigkeit der Geschlechtskerne erwies, musste aus der Definition meines Bruders der Zusatz „geschlechtlich differenzirt" gestrichen werden, so dass demnach die Befruchtung nur als die Vereinigung von Geschlechtskernen definirt werden konnte.

In eine neue Phase schien die Befruchtungslehre zu treten, als v. Beneden und Boveri an den Eiern von Ascaris megalo-

cephala nach der Befruchtung ein besonderes Zelltheilungsorgan, das Centrosoma, auffanden, welches letzterer unter Benutzung correspondirender Vorgänge am Seeigelei als ein Derivat des Spermatozoon hinstellte. Nach Boveri ist die Befruchtung die Einführung eines dem Ei fehlenden Theilungsorgans, des Centrosoma, in das Ei, welches seinerseits das dem Spermatozoon fehlende, zur Theilung ebenfalls nöthige Archoplasma besitzt.

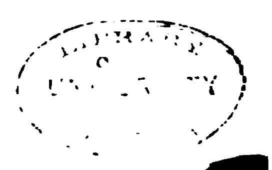
Die beiden soeben besprochenen Definitionen: „Die Befruchtung ist die Vereinigung zweier Geschlechtskerne" und „Die Befruchtung ist die Einführung eines Centrosoma in das nur mit Archoplasma ausgerüstete Ei" sind von einander völlig verschieden, weil sie zwei ganz verschiedene Vorgänge, welche bei der Befruchtung vielzelliger Thiere und Pflanzen vereint sind, ihrem Wesen nach aber nicht nothwendig zusammengehören, ins Auge fassen. Die Befruchtung der vielzelligen Thiere und Pflanzen ist einerseits „Entwicklungserregung", ein Vorgang, welcher zur Fortpflanzung führt, welcher Ursache ist, dass das bis dahin unthätige Ei durch das hinzutretende Spermatozoon befähigt wird, einen neuen Organismus aus sich heraus zu erzeugen. Andererseits ist aber auch die Befruchtung ein die Vererbung vermittelnder Vorgang. Bei der Befruchtung werden zwei Individualitäten oder richtiger gesagt die Anlagen dazu vereinigt zu einem neuen Gebilde, welches die Resultante beider ist, wie denn das Entwicklungsproduct des befruchteten Eies, der junge Organismus, im Allgemeinen gleich viel väterliche und mütterliche Eigenschaften besitzt. Wir haben alle Ursache anzunehmen, dass die beiden kurz charakterisirten Vorgänge durch ganz verschiedene Substanzen vermittelt werden; die Entwicklungserregung geht vom Centrosoma aus, die Combination zweier Individualitäts-Anlagen ist an Ei- und Samenkern geknüpft. „Entwicklungserregung" und „Vereinigung zweier Individualitäten" sind somit zwei ganz verschiedene Dinge. Wenn wir den Begriff „Befruchtung" definiren wollen, können wir somit nicht beide Erscheinungen in die Definition aufnehmen, sondern müssen uns für eine von beiden entscheiden. Wir werden uns dabei für den Vorgang zu entscheiden haben,

welcher für die Befruchtung das Wesentliche und Charakteristische ausmacht, durch welchen sie sich von anderen Entwicklungsvorgängen unterscheidet.

In den Augen des Laien erscheint als das Wichtige bei der Befruchtung die Entwicklungserregung, die Erscheinung, dass das Ei die Fähigkeit gewinnt einen neuen Organismus zu bilden; und so war es auch lange bei den Vertretern der Wissenschaft. Trotzdem ist diese Auffassung unhaltbar. Sowohl die Erfahrungen über die Fortpflanzung der vielzelligen Thiere als auch der Nachweis von Befruchtungsvorgängen bei den Protozoen führen übereinstimmend zu dem Resultat, dass das Charakteristische der Befruchtung nur die Vereinigung zweier Kerne ist.

In dieser Hinsicht ist zuerst zu betonen, dass die Eientwicklung auch ohne Befruchtung, parthenogenetisch, vor sich gehen kann. Man hat vorübergehend daran gedacht, dass auch bei der Parthenogenesis eine Art Befruchtung vorkommt, dass der im Ei verbleibende oder mit ihm wieder verschmelzende II. Richtungskörper die Rolle des Spermatozoon spielt. Indessen giebt es Fälle, in denen nach endgiltiger Eliminirung des zweiten Richtungskörpers gleichwohl Parthenogenesis noch möglich ist. Die spontane Entwicklungsfähigkeit des völlig gereiften Eies ist vor Allem durch die Versuche Loeb's bewiesen. Nachdem ich selbst schon Theilungen unbefruchteter Eier durch Strychnin-Einwirkung erzielt hatte, ist es ihm unter Anwendung 12 % Lösungen von Magnesiumchlorid gelungen, die Entwicklung von Eiern, die unter gewöhnlichen Verhältnissen sich ohne Samenzusatz nicht theilen würden, bis zur Bildung normaler Larven zu fördern.

Giebt es somit Fälle von Entwicklungserregung, welche sich ohne Befruchtung vollziehen, so giebt es andererseits ächte Befruchtungsvorgänge, bei denen die Entwicklungserregung fehlt, mit anderen Worten, bei denen die befruchtete Zelle sich gar nicht theilt oder sich nicht anders theilt als es ohnedem geschehen sein würde. Ein Fall der letzteren Art ist die Conjugation der Infusorien, ein ächter Befruchtungsvorgang, welcher keinenfalls einen befördernden, eher einen hemmenden Einfluss



auf die Theilung ausübt. Wenn man conjugirende Infusorien trennt, ehe die Befruchtung eingeleitet ist, so theilen sie sich rascher als wenn sie die Conjugation zu Ende geführt hätten. Ich habe derartige „entcopulirte" Paramaecien Monate lang gezüchtet. In vielen anderen Fällen tritt bei Protozoen und einzelligen Pflanzen sogar das Entgegengesetzte von Entwicklungserregung ein. Nachdem ohne Befruchtung lebhafte Theilungen vor sich gegangen sind, tritt Befruchtung ein; damit hören die Theilungen auf; die Zelle geräth in einen Wochen und Monate lang andauernden Ruhezustand.

Seitdem im Lauf des letzten Decenniums über die Befruchtung der Protozoen reichliches Material bekannt geworden ist, kennen wir alle nur denkbaren Beziehungen zwischen Fortpflanzung (Theilung und Knospung) und Befruchtung. Wir haben soeben Fälle kennen gelernt, in denen die Befruchtung keinen oder wenigstens keinen erheblichen Einfluss auf die Fortpflanzungsfähigkeit der Thiere hat. Wir haben ferner gesehen, dass sie die Fortpflanzungsfähigkeit lähmen kann. Ausserdem kommt es vor z. B. bei den Malariaparasiten, dass der Lebenscyclus eines Protozoen sich aus Theilungen von zweierlei Art zusammensetzt; die gewöhnliche Vermehrung ist von der Befruchtung unabhängig, ist, wie man sich ausdrückt, eine ungeschlechtliche Fortpflanzung. Beim Malariaparasiten sind es die im Blut des Menschen vor sich gehenden, die Fieberparoxysmen verursachenden Theilungen. Zeitweilig tritt dann Befruchtung auf und in ihrem Gefolge Theilungen einer besonderen Art. Beim Malariaparasiten sind es die in der Mücke sich abspielenden Theilungen, vermöge deren die befruchteten Ovocyten in die sichelförmigen Keime zerfallen. Endlich scheint es bei Protozoen auch vorzukommen, dass die ungeschlechtlichen Theilungen ganz fehlen und die Vermehrung ausschliesslich im Gefolge der Befruchtung eintritt. Und so ist die Befruchtung bei den Protozoen ein Vorgang für sich, welcher in der Mehrzahl der Fälle mit der Fortpflanzung nichts zu thun hat, aber schon die Tendenz erkennen lässt, mit der Fortpflanzung in Verbindung zu treten, so dass man

dann von geschlechtlicher Fortpflanzung reden kann. Unverändert kehrt dagegen überall der eine Process wieder, die Vereinigung zweier Kerne, welche von verschiedenen Thieren stammen, was nach unseren Auffassungen von der Wirkungsweise der Kerne die Aufgabe hat, die Individualitäten beider Thiere zu einer einzigen zu verschmelzen.

Wie kommt es nun, dass die Befruchtungsvorgänge vielzelliger Thiere und Pflanzen stets mit der Fortpflanzung verknüpft sind? Es lässt sich mit Leichtigkeit erweisen, dass diese Verknüpfung eine nothwendige Consequenz der Vielzelligkeit ist. Soll bei vielzelligen Organismen eine Individualitätenmischung, eine Amphimixis (Weismann) eintreten, so ist das nur zu der Zeit möglich, wo der Organismus auf den Zustand einer einzigen Zelle reducirt ist, den Zustand der Fortpflanzungszelle. Dauernde Vereinigung zweier vielzelliger Organismen oder Organismenstücke ist zwar möglich. Das zeigen die Ergebnisse des Pfropfverfahrens bei Pflanzen. In ähnlicher Weise hat man auch niedere Thiere, selbst Thiere verschiedener Art, zum Zusammenheilen gebracht. Allein bei diesen Versuchen hat sich herausgestellt, dass jeder Theil seine Eigenart beibehält und keine Vermischung der Eigenschaften eintritt. Höchstens ist nur in sehr untergeordnetem Maasse eine Beeinflussung des einen Organismus durch den anderen möglich. Eine vollkommene Durchdringung von zweierlei Individualitäten, eine Durchdringung, an welcher jede Zelle des Organismus Antheil hat, wird dagegen erreicht, wenn die Eizelle befruchtet wird und so eine Combinationszelle geschaffen wird, aus welcher sämmtliche Zellen eines Thieres oder einer Pflanze durch successive Theilung entstehen.

Aus den angestellten Erörterungen ergiebt sich mit Nothwendigkeit folgendes Problem. Wenn die Befruchtung ihrem innersten Wesen nach nicht den Zweck hat, die Bildung eines neuen Organismus einzuleiten, wenn diese Entwicklungserregung nur etwas Accessorisches ist, welches sich secundär ihr beigesellt hat, worin ist dann die Aufgabe der Befruchtung zu suchen? Ihre Aufgabe muss von fundamentaler Bedeutung

sein. Denn seitdem wir aus allen Classen der Protozoen Befruchtungsvorgänge kennen gelernt haben, gewinnt die Anschauung immer mehr an Sicherheit, dass die Befruchtung eine mit dem Wesen der lebenden organischen Substanz nothwendig verbundene Erscheinung ist.

Man kann die Lösung dieses Problems nach zwei verschiedenen Richtungen suchen. In seiner Lehre von der Amphimixis hat Weismann die Vermuthung ausgesprochen, die Individualitätenmischung sei für die Fortbildung der Art von Wichtigkeit, es würde damit eine Fülle von Eigenschafts-Combinationen geschaffen, aus welcher die Natur durch Auslese das Geeignetste festhalte. Viele Forscher, unter ihnen Boveri, haben sich dieser Auffassung angeschlossen. Ihr zufolge wäre die Amphimixis eine Erscheinung, die sich zwar an dem einzelnen Individuum ausbilde, in ihrer Wirkungsweise aber erst an dem gesammten Individuenbestand einer Art zum Austrag käme; sie würde sich damit wie die ganze Lehre vom Kampf um's Dasein der Controlle durch exacte Beobachtung entziehen. Auch würde das Befruchtungsproblem dann kein einheitliches mehr sein, es würde aus einer endlosen Summe von Einzelproblemen bestehen. Für jeden einzelnen Fall wäre zu entscheiden, welche Combination von Eigenschaften wohl die zweckmässigste ist.

Man kann aber noch in einer anderen Richtung die Lösung der Frage anstreben. Es wäre denkbar, dass die Befruchtungsbedürftigkeit eine nothwendige Consequenz des Lebensprocesses ist, dass, wie eine Maschine sich allmählig verbraucht, so auch die lebende Substanz eine Abnützung erleidet, wenn sie nicht in grösseren oder geringeren Intervallen durch die Befruchtung eine Kräftigung erfährt. Wir wissen nun zwar, dass zwischen einer Maschine und einem Organismus ein gewaltiger Unterschied gegeben ist, welcher darin besteht, dass der Organismus die Fähigkeit hat, die durch Function entstandenen Verluste am Organ wieder auszugleichen, ja sogar mehr als das; denn ein Organ kräftigt sich durch normale Function. Aber wir wissen nicht, ob diese Compensationsfähigkeit in's Unbegrenzte

fortgeht, ob nicht vielmehr hiebei der Organismus doch mit einer stets zunehmenden Unterbilanz arbeitet. Nehmen wir diesen Gedankengang an, so würden im Lebensprocess als solchem die Keime zu seiner Zerstörung enthalten sein, der Tod würde dann nicht, wie Weismann will, eine im Kampf um's Dasein erworbene Anpassung, sondern eine nothwendige Consequenz des Lebensprocesses darstellen, die nur dadurch vermieden werden kann, dass zeitweilig eine Reorganisation der lebenden Substanz stattfindet. Eine solche Reorganisation hätten wir in der Befruchtung zu erblicken; ob die einzig mögliche? das sei zunächst dahin gestellt. Aber wenn auch noch andere Möglichkeiten der Reorganisation gegeben sein sollten, würde die Befruchtung, wie wir aus ihrer weiten Verbreitung schliessen können, immer als die wichtigste angesehen werden müssen.

Von vornherein sind nun zwei Möglichkeiten gegeben, in denen man sich die reorganisirende Wirkungsweise der Befruchtung vorstellen kann. Man könnte daran denken, dass die Befruchtung die Aufgabe hat, eine Steigerung der Lebensenergie herbeizuführen, einen Verjüngungsprocess der organischen Substanz zu bewirken, sowie man durch das Aufziehen eine Uhr in den Gang setzt. Diese Lehre wurde von Bütschli für die Befruchtungsvorgänge der Infusorien aufgestellt: es sei durch fortgesetzte Theilung die Fortpflanzungsfähigkeit herabgesetzt und bedürfe einer Auffrischung; diese werde durch die Befruchtung bewirkt. Die Verjüngungstheorie ist schon für die Infusorien ganz unhaltbar. Denn wie ich durch ein oben schon erwähntes Experiment nachgewiesen habe, ist die Theilfähigkeit entcopulirter Infusorien eher grösser als die Theilfähigkeit befruchteter Thiere. Die Verjüngungstheorie lässt uns gänzlich im Stich bei den Vielzelligen. Denn die Eizellen, welche befruchtet werden, sind im Vergleich zu den übrigen Körperzellen jugendliche Zellen, die sich nicht durch Antheilnahme an den Lebensprocessen erschöpft haben.

Und so wurde meine Auffassung bei meinen Infusorienuntersuchungen nach der entgegengesetzten Richtung gelenkt.

Zur normalen Erledigung der Lebensprocesse bedarf es nicht nur der treibenden Kräfte, sondern auch der regulirenden. Die Befruchtung, die Vereinigung zweier verschiedenartiger Organisationen in eine, hat den Zweck, diese regulirenden Einrichtungen zu verstärken; sie ist daher um so nothwendiger, je lebhafter der Lebensprocess, je höher die Organisation ist, was in Uebereinstimmung steht mit der relativen Häufigkeit der Befruchtung bei den höheren Organismengruppen.

Von diesen Gesichtspunkten aus habe ich schon seit einer Reihe von Jahren Experimente an einzelligen Thieren unternommen, zunächst an Infusorien, später aus Gründen, die ich hier übergehe, an Actinosphärien, einem in unserem Süsswasser weit verbreiteten Rhizopoden. Da ich für dieses Thier den Nachweis der Befruchtung erbracht hatte, legte ich mir die Frage vor: unter welchen Bedingungen tritt Befruchtungsbedürftigkeit auf? und ferner: ist es möglich, die Cultur der Actinosphärien so einzurichten, dass die Befruchtung ausbleibt und dass die Thiere schliesslich aus eigenen inneren Ursachen nur in Folge ihrer Lebensfunction zu Grunde gehen?

Ehe ich auf die Darstellung meiner Versuchsergebnisse eingehe, muss ich Einiges vorausschicken. Die Function einer Zelle beruht auf der Wechselwirkung von Kern und Protoplasma; wie diese Wechselwirkung vor sich geht, entzieht sich noch unserer Kenntniss. Bei Actinosphärien findet sich eine Einrichtung, welche es vielleicht ermöglicht, der Prüfung dieser Frage näher zu treten. Bei einem in Verdauung begriffenen Actinosphärium finden sich ausser den Kernen im Protoplasma zerstreut noch kleine Körperchen, welche ich „Chromidien“ nennen will, weil ihre Substanz höchst wahrscheinlich mit dem an Nucleolarsubstanz gebundenen Chromatin des Kerns identisch ist. Was ihre Entstehung anlangt, so müssen wir zwei Möglichkeiten in Betracht ziehen: 1. sie können vom Protoplasma abgespalten sein, 2. sie können aus den Kernen ausgestossen sein. Dass letzteres vorkommt, dafür habe ich Beobachtungen. Wenn man Actinosphärien hungern lässt, so können drei Fälle eintreten. 1. die Thiere

verhungern allmählich, 2. sie encystiren sich, sie umgeben sich mit einer festen Hülle, innerhalb deren die Befruchtung vollzogen wird, 3. sie lösen ihre Kerne auf. Im letzteren Fall verwandeln sich unter Auflösung der Kernmembran die Kernsubstanzen — offenbar ziemlich rasch, da es schwer fällt, Umbildungsstadien zu finden — in Chromidien um. Das Thier zieht seine Pseudopodien ein und wird eine Protoplasmakugel, deren Inneres nach allen Richtungen von Chromidien durchsetzt ist. Leider ist es mir bisher noch nicht geglückt, die besonderen Bedingungen festzustellen, unter denen der sehr interessante Vorgang eintritt, da die zu den Hungerculturen verwandten Thiere frisch eingefangen worden waren.

Ich bemerke noch, dass die Chromidialmasse sich allmählich in eine bräunliche Substanz verwandelt, welche aus dem Thier ausgestossen wird. Einen ganz analogen Vorgang kenne ich von Infusorien.

Ich habe nun in folgender Weise experimentirt. In Uhrgläschen wurden Actinosphärien mit blauen und grünen Stentoren gefüttert und immer Sorge getragen, dass ein Ueberfluss von Nahrung vorhanden war. Ferner wurde durch tägliches Erneuern des Wassers die Ansammlung schädlicher Stoffe verhütet. Da die Actinosphärien durchsichtig sind und das Futter intensiv gefärbt, kann man den Grad der Fütterung und an der eintretenden Verfärbung auch genau den Grad der Verdauung feststellen. An circa 40 Culturen, die ich zum Theil vor 2 Jahren, zum Theil in den letzten Monaten einrichtete und von denen manche noch im Gang sind, konnte ich feststellen, dass unter günstigen Verhältnissen ein Actinosphärium etwa das 10—20 fache seiner Masse im Lauf eines Tags frisst, was dann zu einer ganz colossalen Vermehrung führt, so dass ich in der Lage bin, an einem enormen planmässig eingelegten Material die Zellveränderungen genauer zu studiren, wovon ich in Zukunft noch manche Aufklärung erwarte. Die starke Fütterung hält nicht an; nach einigen Tagen wird sie geringer und es treten Zeiten freiwilligen Hungers ein. Diese Hungerperioden lehren, dass in der That ein fortgesetztes

Assimiliren und zur Vermehrung führendes Wachsthum nicht möglich ist, dass vielmehr nach einiger Zeit eine Erschöpfung des Organismus eintritt und dass eine erneute Aufnahme der Function nur möglich ist, wenn eine Reorganisation der lebenden Substanz stattgefunden hat. Mit dem Fortschreiten der Cultur verschärfen sich die Constraste. Die Fütterung wird enormer, andererseits wachsen die Zeiten freiwilligen Hungerns. Es können Pausen von 3—5 Tagen eintreten. Diese Unfähigkeit, Nahrung aufzunehmen, kann zu einem dauernden Zustand werden. Es ist ein merkwürdiges Bild, Thiere trotz aller Sorgfalt der Cultur inmitten einer Fülle von Nahrung verhungern zu sehen; oder es werden wieder schwache Versuche zu fressen gemacht; das Aufgenommene wird aber so langsam verdaut, dass kein Wachsthum und keine Vermehrung eintritt. Ab und zu encystiren sich im Stadium dieser Assimilationsunfähigkeit die Actinosphärien; sie nehmen, um nicht zu Grunde zu gehen, den Ausweg der Befruchtung.

Noch häufiger als Verhungern und Encystirung ist ein dritter Ausgang meiner Culturen; er ist zugleich bei weitem der interessanteste. Bei Actinosphärien, die wochenlang in einer Ueberfülle von Nahrung cultivirt worden waren, kommt es vor, dass sich nach mehrtägigem Fasten enorme Fütterung einstellt und dass dann eine wahre Revolution im Kernapparat beginnt. Ein Theil der Kerne wird aufgelöst, andere wachsen dagegen heran. In letzteren sondert sich die Nucleolarsubstanz vom Chromatin; sie ist es, die an Masse zunimmt, das Chromatin herausdrängt, welches sich im Protoplasma vertheilt. Die Nucleolarmasse eines Kerns kann in solchen Fällen so colossal zunehmen, dass, während alle übrigen Kerne aufgelöst werden, ein einziger Riesenkern übrig bleibt, welcher etwa die tausendfache Masse eines gewöhnlichen Actinosphärienkerns besitzt. Gewöhnlich bleiben aber mehrere Kerne von gleicher Grösse erhalten. Die ihres Chromatins beraubten Riesenkerne werden ausgestossen und das dadurch kernlos gewordene Thier geht zu Grunde.

Es liegt nahe, bei den geschilderten Vorkommnissen an

Folgen von Schädlichkeiten, sei es chemischer Substanzen, sei es parasitärer Organismen, zu denken. Ich habe daher, um diese Frage zu prüfen, eine Menge Versuche angestellt, über die ich hier im Einzelnen nicht berichten kann. Nur um eine Versuchsweise zu erwähnen, ich habe wiederholt Culturen, in denen noch einige in Kerndegeneration begriffene Actinosphärien enthalten waren, ohne Veränderung des Wassers und des Futterbodens mit neuen Actinosphärien besiedelt und stets feststellen können, dass dieselben sich bei mässiger Ernährung viele Wochen lang gesund weiter entwickelten. Ausser diesen Experimenten spricht gegen die Annahme einer infectiösen Natur und lässt dieselbe geradezu ausgeschlossen erscheinen die Art, mit welcher sich die Kerndegeneration entwickelt, und die Häufigkeit, mit welcher ich sie durch lange zum Theil Monate dauernde Cultur habe hervorrufen können. Von 40 Culturen sind mehr als die Hälfte in dieser Weise zu Grunde gegangen und zwar zu ganz verschiedenen Zeiten, was offenbar mit der Verschiedenartigkeit des Ausgangsmaterials zusammenhängt, zum Theil auch wohl damit, dass es bei der grössten Sorgfalt nicht möglich ist, völlig gleichartige Fütterungsbedingungen herzustellen, nicht einmal in dem Uhrgläschen einer und derselben Cultur. Und so komme ich zu dem Schluss, dass eine functionelle Degeneration vorliegt; ich nehme an, dass die in ganz aussergewöhnlicher Weise gesteigerten Lebensfunctionen, welche in einer ganz enormen Vermehrung der Thiere zum Ausdruck kommen, das Gleichgewicht der Zelltheile erschüttern, dass der Organismus Versuche macht, durch Hungerpausen dieses Gleichgewicht wieder herzustellen, dass im Verlauf die Schädigungen immer intensiver, die regulatorischen Vorgänge immer unzureichender werden, bis schliesslich eine letzte übermässige Functionsanstrengung den Zusammenbruch der Zelle bedingt.

Es wäre nun wünschenswerth, die im Lauf der Cultur eintretenden Veränderungen im Zellenleben nicht ausschliesslich nach den Erscheinungen der Nahrungsaufnahme zu beurtheilen, sondern noch nach anderweitigen Kriterien. Als

ein solches Kriterium käme zunächst in Betracht die Fortpflanzungsenergie. Hierzu ist das Actinosphärium gänzlich unbrauchbar, weil seine Grösse zu sehr variirt. Oft kommt es vor, dass im Lauf eines Tages ein riesiges Actinosphärium sich in 20, 30 selbst hundert kleinere Thiere auflöst, und dass im weiteren Verlauf die Zahl durch partielle Verschmelzung wieder eine bedeutende Reduction erfährt. Auch können Thiere von gleicher Grösse ganz verschieden reich an Substanz sein, je nachdem sie stärker oder weniger stark vacuolisirt sind. Nur durch mühsames Zählen der Kerne, welches nur an conservirtem Material möglich ist, würde man die Zunahme an lebender Substanz genauer bestimmen können. In dieser Hinsicht würden Infusorien viel günstigere Objecte sein, weil hier die individuelle Grösse bei gleichartigen Fütterungsbedingungen eine bestimmte ist. Bei analogen Fütterungsexperimenten mit Paramaecium caudatum, bei dem man leider die Intensität der Nahrungsaufnahme nicht in der Weise wie bei Actinosphärien bemessen kann, habe ich feststellen können, dass bei lang fortgesetzten Culturen die Perioden der Vermehrung durch Perioden unterbrochen werden, in denen Tage lang keine Theilungen stattfinden, bis nach längerer Ruhe die Vermehrung von Neuem beginnt. Hiermit ist auf einem anderen Wege bewiesen, dass der Organismus zeitweiliger Reorganisation bedarf.

Eine Art Reagens auf den jeweiligen Organisationszustand der Protozoen ist ferner in der Einrichtung von Hungerculturen gegeben. Ich habe von diesem Verfahren bei meinen Actinosphärienzuchten ausgiebigen Gebrauch gemacht. Man bekommt dabei äusserst mannichfache Resultate. Es kann vorkommen, dass alle zur Hungercultur verwendeten Thiere sich in den ersten 3 Tagen encystiren. Man kann dann, da die Encystirung mit Befruchtungsvorgängen combinirt ist, von einer Art geschlechtlichen Reife reden. Es kann aber auch vorkommen, dass alle Thiere infolge lange fortgesetzten Hungerns zu Grunde gehen, ohne sich zu encystiren. Dazwischen giebt es mittlere Zustände. Klare übersichtliche Resultate

habe ich bisher auf diesem Wege noch nicht gewinnen können mit Ausnahme des einen, dass ungünstige Encystirungsbedingungen sowohl vor als nach dem Zeitpunkt geschlechtlicher Reife eintreten. Jedenfalls hat dieses scheinbar gleichartige Verhalten vor und nach dem Encystirungsoptimum ganz verschiedene Bedeutung. Klarheit kann jedoch hierüber nur gewonnen werden, wenn die Veränderungen, welche die Zellbestandtheile des Actinosphärium auf den verschiedenen Stadien der Cultur erfahren, einer genauen Untersuchung unterworfen worden sind. Ich komme hiermit auf einen Punkt, welcher für die Verwerthung der durch Züchtung gewonnenen Resultate unerlässlich ist.

Ich habe leider bisher noch nicht Zeit gehabt, das reiche Material, welches ich von den verschiedenen Entwicklungsserien conservirt habe, genauer zu studiren. Um völlige Sicherheit zu erzielen, müssen von verschiedenen Stadien Querschnitte angefertigt und diese in ganz übereinstimmender Weise gefärbt werden. Gleichwohl stehen mir jetzt schon genügende Erfahrungen an gefärbten ganzen Thieren zu Gebote, um mit Bestimmtheit sagen zu können, dass bei all den geschilderten Vorgängen das Massenverhältniss von Protoplasma und Kernsubstanz eine Ausschlag gebende Rolle spielt. Nimmt die Masse an Kernmaterial rascher zu als die Masse des Protoplasma, so muss sie durch theilweise Auflösung eine Reduction erfahren. Es mehren sich dann die Chromidien, sie werden in die oben schon gelegentlich erwähnte bräunliche Masse verwandelt, welche ausgestossen wird. Diese Verminderung der Chromatinmasse habe ich oben für hungernde Actinosphärien beschrieben, bei denen der Schwund von Körpermasse, zunächst also von Protoplasma, stets auch einen Schwund von Kernen zu folge hat. Analoge Verhältnisse treten bei stark fütternden Actinosphärien ein: bei der Function nimmt das Kernmaterial rascher zu als das Protoplasma und muss daher beständig durch theilweise Auflösung und Ausstossung reducirt werden. Erreicht diese Chromatin-Ausstossung eine grosse Energie, so verliert die Zelle die Fähigkeit, zu assimiliren und Nahrung aufzunehmen.

Es treten Hungerperioden trotz reichlichen Nährmaterials ein. Wie nun bei Hungerculturen unter bestimmten Verhältnissen die kernauflösende Kraft des Protoplasma so gross werden kann, dass alle Kerne in Chromidien verwandelt werden, so kann auch bei fortgesetzter Ueberanstrengung der assimilirenden Thätigkeit der Zelle schliesslich ein Zustand eintreten, der nicht mehr durch die gewöhnlichen Mittel ausgeglichen werden kann; es tritt dann die soeben besprochene Erscheinung ein: ein grosser Theil der Kerne wird aufgelöst, ein Rest in die Bahnen der Riesenkernbildung geleitet. Ich schliesse aus gewissen Erscheinungen, dass man bei geeigneter Durchführung des Experiments auch durch Futtercultur die nahezu gleichzeitige Auflösung sämmtlicher Kerne erzielen kann, die ich durch Hungercultur bei Actinosphärien, die im Freien gesammelt worden waren, erzielt habe. Wir haben somit in den besprochenen verschiedenen Formen der Kernreduction dieselbe Grunderscheinung vor uns, nur in verschiedenen Graden der Intensität.

Starke Reduction des Kernmaterials geht nun auch den Befruchtungsvorgängen voraus. Bei der Encystirung von Actinosphärien werden etwa 90 % der Kerne aufgelöst und etwa 10 % zur Befruchtung verwandt. Das befruchtete Actinosphärium repräsentirt den Zustand der Zelle, in welcher das im normalen Leben vorkommende Mindestmaterial von Kernsubstanz erreicht ist. Das Gleiche gilt für Infusorien, bei denen während der Conjugation der chromatinreiche Hauptkern aufgelöst wird und die chromatinarmen Nebenkerne übrig bleiben. Die aus den befruchteten Nebenkernen hervorgehenden „Placenten“, die Anlagen der neuen Hauptkerne, sind ganz ausserordentlich chromatinarm. Auch bei den vielzelligen Thieren ist der Kern des befruchteten Eies, der Furchungskern, ganz unglaublich klein und chromatinarm. Die Reduction der Masse von Kernsubstanz bei Befruchtungsprocessen ist somit für eine so grosse Zahl von Fällen beschrieben worden, dass wir in ihr eine allen Befruchtungsvorgängen zukommende Erscheinung zu erblicken haben.

Die Reduction der Kernmasse beim Befruchtungsprocess würde sich somit den regulatorischen Vorgängen anschliessen, welche während des Lebens der Protozoen zu beobachten sind; sie ist aber nur eine Begleiterscheinung der Befruchtung, macht dagegen nicht das Wesentliche derselben aus. Wie ich oben durchgeführt habe, ist das Wesentliche der Befruchtung in der Vereinigung zweier Kerne gegeben, welche von verschiedenen Zellen stammen und daher individuelle Unterschiede erkennen lassen. Diese Unterschiede dürfen nicht zu gering sein wie bei Inzucht, noch zu gross wie bei Bastardirung, damit gute Resultate durch die Befruchtung erzielt werden. Die Erfahrungen der Züchter machen es wahrscheinlich, dass ein gewisses, im Einzelnen nicht genauer definirbares Optimum der Unterschiede gegeben sein muss.

Ist es nun möglich, die bei der Befruchtung zu Stande kommende Vereinigung verschieden gearteter Kerne als einen Process sich vorzustellen, der in ähnlichem Sinne regulatorisch wirkt, wie die besprochenen Vorgänge der Kernreduction? Ich glaube, dass das in der That der Fall ist. Wenn es für die Integrität des Zellenlebens von Wichtigkeit ist, ein bestimmtes Wechselverhältniss von Kern und Protoplasma aufrecht zu erhalten, so wird diese Aufgabe viel besser durch Einrichtungen gelöst, welche Störungen verhindern, als durch Einrichtungen, welche eingetretene Störungen ausgleichen. Es wäre aber sehr gut denkbar, dass durch Einführen eines fremden Zellkerns in das Protoplasma, wie es bei der Befruchtung geschieht, ein übermässiges Anwachsen der Wechselwirkungen zwischen Kern und Protoplasma und damit eine übermässige Zunahme der Kernsubstanz auf längere Zeit hinaus verhindert wird.

Was durch Addiren eines fremden Kerns zu einer Zelle erreicht wird, müsste, so sollte man meinen, auch durch Mischung von Protoplasma zweier Zellen erreicht werden können. Bezeichnen wir mit a und b Kern und Protoplasma einer Zelle und mit α und β die entsprechenden Theile einer zweiten Zelle, so würde durch Protoplasmamischung ein ähn-

liches Verhältniss der Zellbestandtheile $\left(\frac{b+\beta}{2}:a\right)$ erreicht werden, wie durch reine Kernbefruchtung $\left(b:\frac{a+\alpha}{2}\right)$. Es würde nur der erstere Vorgang schwieriger zu bewerkstelligen sein als der zweite.

In dieser Weise erklärt sich vielleicht die sogenannte „Plasmogamie", die bei Rhizopoden weit verbreitete Erscheinung, dass Thiere nur mit ihren Plasmaleibern verschmelzen. Von vielen Seiten werden Plasmogamien als Vorläufer ächter Befruchtung (Karyogamie) aufgefasst. Nach meiner Auffassung würde es sich vielmehr um ein Surrogat handeln, und zwar ein minder wirksames, weil eine gleichmässige Durchmischung zweier Zellplasmen nur durch völlige auch die Kerne betreffende Verschmelzung herbeigeführt werden kann. Die gewöhnlichen Verschmelzungen zweier Rhizopoden werden immer nur einen geringfügigen Stoffaustausch herbeiführen.

Bei Actinosphärium ist Plasmogamie eine weit verbreitete Erscheinung; man hat sich daher daran gewöhnt, ihr keine grössere Bedeutung beizumessen und hat diese Auffassung auch damit gestützt, dass keine besonderen Vorgänge in ihrem Gefolge auftreten. Ich habe lange Zeit auch dieser Auffassung gehuldigt, bin aber von ihr zurückgekommen, seitdem ich durch intensives Studium eine intimere Kenntniss der Lebensvorgänge des Rhizopoden gewonnen habe. Ich habe feststellen können, dass Plasmogamien immer nur unter bestimmten Bedingungen auftreten. Man findet sie bei Culturen, wie ich sie angestellt habe, in den ersten Zeiten so gut wie gar nicht; nach wochenlanger Fütterung werden sie immer häufiger und ausgiebiger, so dass man Plasmogamien findet, deren Producte vielleicht aus 100 Actinosphärien von mittlerer Grösse bestehen und mehrere Millimeter gross sind. Plasmogamien treten ein am Ende gewaltiger Futterperioden oder auch in den Zeiten, in denen die Assimilationsfähigkeit aufgehört hat, d. h. zu Zeiten, in denen Störungen im Wechselverhältniss von Kern und Protoplasma eingetreten sind. Actinosphärien in Riesen-

kernbildung sind sehr häufig plasmogamirt, was man, abgesehen von der Grösse, häufig auch darin erkennen kann, dass die einzelnen Regionen des Riesenthiers sich auf verschiedenen Entwicklungsstufen der Kernumwandlung befinden.

Ich habe in dieser Arbeit versucht, die zur Zeit noch völlig unbestimmten Anschauungen über das Wechselverhältniss, welches bei den Zellfunctionen zwischen Kern und Protoplasma besteht, wenigstens etwas bestimmter zu gestalten. Im Anschluss hieran habe ich ferner versucht, für die physiologische Bedeutung des in seinen morphologischen Erscheinungen so gut erforschten Befruchtungsprocesses eine einheitliche Auffassung zu gewinnen. Diese Auffassung führt, wie ich oben schon andeutete, mit Nothwendigkeit zur Annahme, dass zwischen dem Verlauf der Lebensfunctionen und dem natürlichen Tod, dem durch keine äusseren Schädlichkeiten bedingten Lebensende, ein causaler Zusammenhang besteht. Im Gegensatz zu Weismann nehme ich an, dass schon im normalen Lebensprocess die Keime des Todes enthalten sind, dass der Tod keine zufällige Anpassung ist, sondern die nothwendige Consequenz des Lebens selbst. Somit können auch die Protozoen nicht unsterblich sein in dem Sinne wie Weismann will; sie würden ebenso zu Grunde gehen müssen wie die vielzelligen Thiere, wenn nicht Einrichtungen getroffen wären, welche die schädlichen Wirkungen des Lebensprocesses compensiren. Die wirksamste Einrichtung in dieser Hinsicht ist die Befruchtung, ein Vorgang, bei dem aus dem Material zweier allmählich zum Untergang hinneigender Individuen ein neues lebenskräftigeres Thier geschaffen wird.

Ueber den einfachsten semidefiniten Fall in der eigentlichen Variationsrechnung.

Von **Arthur Korn.**

(Eingelaufen 1. März.)

Das einfachste Problem der eigentlichen Variationsrechnung besteht darin, eine Funktion

$$y(x)$$

so zu finden, dass das Integral zwischen zwei festen Grenzen x_1 und x_2:

$$1)\qquad J \equiv \int_{x_1}^{x_2} f(x, y, y')\, dx = M_a^i \text{ (d. h. Maximum oder Minimum)}$$

wird, wenn f eine gegebene Funktion von x, y und der Ableitung

$$2)\qquad y' = \frac{dy}{dx}$$

vorstellt.

Wir setzen fest, dass wir nur solche Funktionen y in betracht ziehen und nur mit solchen Funktionen $y + \delta y$ vergleichen wollen, die im Intervall $x_1 x_2$ eindeutig und stetig sind und eindeutige und stetige erste und zweite Ableitungen nach x besitzen, für welche ferner die Ableitungen:

$$\frac{\partial f}{\partial y}, \quad \frac{\partial f}{\partial y'}, \quad \frac{\partial^2 f}{\partial y' \partial x}, \quad \frac{\partial^2 f}{\partial y \partial y'}, \quad \frac{\partial^2 f}{\partial y'^2}$$

im Intervall $x_1 x_2$ eindeutig und stetig sind.

Das folgende Resultat ist durch die bisherigen Untersuchungen über den Gegenstand sichergestellt:

Ist:

3) $$y = y(x\, c_1\, c_2)$$

die Lösung der Differentialgleichung 2. O.:

4) $$\frac{\partial f}{\partial y} - \frac{d}{dx}\left(\frac{\partial f}{\partial y'}\right) = 0,$$

und bezeichnen wir die Substitution 3) und die Substitution der Auflösungen der Gleichungen:

5)[1] $$\begin{cases} |\, y\, |_{x=x_1} = y_1, \\ |\, y\, |_{x=x_2} = y_2, \end{cases}$$

nach c_1 und c_2 durch Einschliessung in [ ], so wird $[y]$ eine Lösung des Problemes sein, wenn im ganzen Intervall $x_1\, x_2$

I) $\left[\frac{\partial^2 f}{\partial y'^2}\right]$ ein festes Zeichen hat und $\neq 0$ ist,

II) $$\left[\frac{\partial y}{\partial c_1}\right]\left[\frac{\partial y}{\partial c_2}\right]_{x=x_1} - \left[\frac{\partial y}{\partial c_2}\right]\left[\frac{\partial y}{\partial c_1}\right]_{x=x_1} \neq 0 \text{ ist } (x_1 \gtrless x \gtrless x_2),$$

und zwar ist (für $x_1 < x_2$) ein Maximum vorliegend, wenn $\left[\frac{\partial^2 f}{\partial y'^2}\right]$ stets < 0, ein Minimum, wenn diese Grösse stets > 0 ist.

Ein M_a^i ist nicht vorhanden, wenn der Ausdruck I) positive und negative, von Null verschiedene Werte besitzt, oder wenn die oft mit

$$\Delta(x\, x_1)$$

bezeichnete Determinante II) für einen in strengem Sinne der Ungleichung

$$x_1 \gtrless x \gtrless x_2$$

genügenden Wert von x verschwindet.

Eine weitere Untersuchung durch Betrachtung höherer Variationen als der zweiten ist notwendig, wenn

(1. semidefiniter Fall) der Ausdruck I) ein festes Zeichen hat und $\neq 0$ ist, und wenn der Ausdruck II) zwar in dem Intervall

---

[1]) $y_1\, y_2$ gegebene Konstanten.

$$x_1 \gtrless x \gtrless x_2$$

$\neq 0$ ist, aber für $x = x_2$ verschwindet.

(2. semidefiniter Fall) der Ausdruck II) im ganzen Intervall

$$x_1 \gtrless x \gtreqless x_2$$

$\neq 0$ ist, der Ausdruck I) ein festes Zeichen hat, aber auch verschwinden kann.[1])

Die vorliegende Abhandlung wird sich mit dem 1. semidefiniten Falle, dem einfachsten semidefiniten Fall der eigentlichen Variationsrechnung beschäftigen und für diesen Fall die nächsten Kriterien des M_a^i geben.

§ 1.

Wir machen zur Vereinfachung der Ausdrucksweise etwas weitere Stetigkeitsvoraussetzungen über y und f, als eigentlich für das Endresultat erforderlich wäre, indem wir nicht nur alle Ableitungen von f, soweit dieselben in betracht kommen, als eindeutig und stetig (im Intervalle $x_1\, x_2$) annehmen, sondern auch δJ als der Taylor'schen Entwickelung fähig annehmen:[2])

$$\delta J = \delta^1 J + \delta^2 J + \delta^3 J + \delta^4 J + \dots$$

oder bei Substitution der Funktion $[y]$

$$6) \qquad [\delta J] = [\delta^2 J] + [\delta^3 J] + [\delta^4 J] + \dots$$

Hier ist:

$$7^a) \quad [\delta^2 J] = \tfrac{1}{2}\int_{x_1}^{x_2}\left\{\left[\frac{\partial^2 f}{\delta y^2}\right]\delta y^2 + 2\left[\frac{\partial^2 f}{\delta y\, \delta y'}\right]\delta y\, \delta y' + \left[\frac{\partial^2 f}{\delta y'^2}\right]\delta y'^2\right\}dx;$$

oder:

$$7^b) \quad [\delta^2 J] = \tfrac{1}{2}\int_{x_1}^{x_2}(f_{11}\,\delta y^2 + 2 f_{12}\,\delta y\,\delta y' + f_{22}\,\delta y'^2)\,dx,$$

---

[1]) Der allgemeine semidefinite Fall ist eine Mischung der beiden genannten Fälle.

[2]) Sobald

$$\text{abs. } \delta y \leqq \varepsilon, \quad \text{abs. } \delta y' \leqq \varepsilon,$$

wo ε eine positive, im übrigen beliebig kleine Konstante ist.

wenn wir:

$$8)\qquad \begin{cases} f_{11} = \left[\dfrac{\partial^2 f}{\partial y^2}\right], \\ f_{12} = \left[\dfrac{\partial^2 f}{\partial y\, \partial y'}\right], \\ f_{22} = \left[\dfrac{\partial^2 f}{\partial y'^2}\right] \end{cases}$$

setzen; wir werden in ähnlicher Weise auch die höheren Ableitungen von f abkürzen, so dass z. B.

$$f_{122} = \left[\frac{\partial^3 f}{\partial y\, \partial y'^2}\right].$$

Wir führen jetzt — geleitet durch die Jacobi'schen und Lipschitz'schen Transformationen der 2. Variation — an Stelle von $\delta y'$ die Grösse δZ durch die Substitution:

$$9)\qquad \delta y' = \delta Z + \frac{z'}{z}\, \delta y$$

ein, wobei wir z und z' durch die Gleichungen:

$$10)\qquad \begin{cases} z = \left[\dfrac{\partial y}{\partial c_2}\right]_{x=x_1} \left[\dfrac{\delta y}{\partial c_1}\right] - \left[\dfrac{\delta y}{\partial c_1}\right]_{x=x_1} \left[\dfrac{\delta y}{\partial c_2}\right], \\ z' = \dfrac{dz}{dx} \end{cases}$$

definieren.

z verschwindet nach Voraussetzung nirgends im Intervalle

$$x_1 \gtrless x \gtrless x_2,$$

wohl aber für $x = x_1$ und $x = x_2$; da aber gleichzeitig auch δy an diesen Grenzen verschwindet und z' wegen der leicht aus 4) folgenden Identität

$$11)\qquad f_{11} z + f_{12} z' \equiv \frac{d}{dx}(f_{12} z + f_{22} z'), \quad (x_1 \mathrel{\underline{\gtrless}} x \mathrel{\underline{\gtrless}} x_2)$$

für $x = x_1$ und $x = x_2$ von null verschieden sein muss, so ist δZ im ganzen Intervall $x_1 x_2$ eindeutig und stetig und kann durch genügende Verkleinerung von ε von der Art

endl. Konst. ε

unter jeden beliebigen Kleinheitsgrad herabgedrückt werden.

Durch die Substitution 9) wird:[1])

$$[\delta^2 J] = \tfrac{1}{2}\int_{x_1}^{x_2} f_{22}\, \delta Z^2\, dx + \tfrac{1}{2}\int_{x_1}^{x_2} \frac{d}{dx}\left[\delta y^2\, \frac{f_{12}\, z + f_{22}\, z'}{z}\right] dx,$$

oder:

$$12)\quad [\delta^2 J] = \tfrac{1}{2}\int_{x_1}^{x_2} f_{22}\, \delta Z^2\, dx.$$

Es wird ferner:

$$13)\quad \begin{cases} [\delta J] = \tfrac{1}{2}\int_{x_1}^{x_2} f_{22}\,(1 + E)\, \delta Z^2\, dx \\ \qquad + \int_{x_1}^{x_2} D(f)\, dx \\ \qquad + \int_{x_1}^{x_2} D\left(\frac{\partial f}{\partial y'}\right) \delta Z\, dx, \end{cases}$$

wenn wir unter $D(f)$ und $D\left(\frac{\partial f}{\partial y'}\right)$ die Ausdrücke $[\delta f]$ und $\left[\delta \frac{\partial f}{\partial y'}\right]$ nach Substitution von

$$\delta y' = \frac{z'}{z}\, \delta y$$

verstehen, so dass:

$$14^a)\quad \begin{cases} D(f) = D^3(f)\, \delta y^3 + D^4(f)\, \delta y^4 + \ldots, \\ D^3(f) = \tfrac{1}{6}\left\{f_{111} + 3 f_{112}\, \frac{z'}{z} + 3 f_{122}\left(\frac{z'}{z}\right)^2 + f_{222}\left(\frac{z'}{z}\right)^3\right\}, \\ D^4(f) = \tfrac{1}{24}\left\{f_{1111} + 4 f_{1112}\frac{z'}{z} + 6 f_{1122}\left(\frac{z'}{z}\right)^2 + 4 f_{1222}\left(\frac{z'}{z}\right)^3 + f_{2222}\left(\frac{z'}{z}\right)^4\right\}, \end{cases}$$

— — — — — — — — — — —

[1]) Da:

$$-f_{22}\,\frac{z'}{z} + \frac{f_{12}\, z + f_{22}\, z'}{z} = f_{12},$$

und

$$f_{22}\left(\frac{z'}{z}\right)^2 + \frac{d}{dx}\left[\frac{f_{12} z + f_{22} z'}{z}\right] = f_{22}\left(\frac{z'}{z}\right)^2 + \frac{z(f_{11}\, z + f_{12}\, z') - z'(f_{12}\, z + f_{22}\, z')}{z^2},$$

$$= f_{11}.$$

$$
14^{b})\begin{cases}
D\left(\frac{\partial f}{\partial y'}\right) = D^2\left(\frac{\partial f}{\partial y'}\right)\delta y^2 + D^3\left(\frac{\partial f}{\partial y'}\right)\partial y^3 + \ldots, \\
D^2\left(\frac{\partial f}{\partial y'}\right) = \frac{1}{2}\left\{f_{112} + 2f_{122}\frac{z'}{z} + f_{222}\left(\frac{z'}{z}\right)^2\right\}, \\
D^3\left(\frac{\partial f}{\partial y'}\right) = \frac{1}{6}\left\{f_{1112} + 3f_{1122}\frac{z'}{z} + 3f_{1222}\left(\frac{z'}{z}\right)^2 + f_{2222}\left(\frac{z'}{z}\right)^3\right\}, \\
- - - - - - - - - - -,
\end{cases}
$$

und wo ferner E eine Grösse vorstellt, die ihrem absoluten Werte nach

$$\overline{<} \text{ endl. Konst. } \varepsilon.$$

§ 2.

Wir können die Formel 13) auch folgendermassen schreiben:

$$
15)\begin{cases}
[\delta J] = \int_{x_1}^{x_2} \frac{1}{1+E}\left\{\frac{1}{2}f_{22}\left[\delta Z(1+E) + \frac{D\left(\frac{\partial f}{\partial y'}\right)}{f_{22}}\right]^2\right. \\
\left. \qquad + (1+E)\,D(f) - \frac{1}{2}\frac{\left\{D\left(\frac{\partial f}{\partial y'}\right)\right\}^2}{f_{22}}\right\} d\,x.
\end{cases}
$$

Nennen wir ε_1 den absolut grössten Wert von δZ, ε_2 den absolut grössten Wert von δy, so werden offenbar die beiden Fälle

$$\text{I.} \quad \varepsilon_2 \overline{<} \varepsilon_1,$$
$$\text{II.} \quad \varepsilon_1 \overline{\overline{<}} \varepsilon_2,$$

alle möglichen Fälle umfassen. In dem Falle I. muss nach 13) $[\delta J]$ das Zeichen von f_{22} haben, so dass wir nur den Fall II. noch zu untersuchen haben, in dem wir

$$16) \qquad \text{abs. } E < \text{ endl. Konst. } \varepsilon_2$$

haben.

Die Gleichung 15) zeigt, dass jedenfalls $[\delta J]$ nur dann ein anderes Zeichen als f_{22} haben kann, wenn:

17[a])
$$\delta Z(1 + E) = - \frac{D\left(\frac{\partial f}{\partial y'}\right)}{f_{22}} + \sigma,$$
wo:
$$\sigma^2 \overline{\overline{<}} \text{ endl. Konst.} \left\{ (1 + E)\, D(f) - \tfrac{1}{2} \frac{\left\{ D\left(\frac{\partial f}{\partial y'}\right)\right\}^2}{f_{22}} \right\},$$
also mit Rücksicht auf 14[a]), 14[b]):

17[b])
$$\text{abs. } \sigma \overline{\overline{<}} \text{ endl. Konst. } \varepsilon_2^{\frac{3}{2}}.$$

Es kann nach 17[a]) und 17[b]) mit Rücksicht auf den Wert 14[b]) von $D\left(\frac{\partial f}{\partial y'}\right)$ dieser Fall jedenfalls nur eintreten, wenn:

18[a])
$$\delta Z = \gamma \cdot z$$ [1])

und:

18[b])
$$\text{abs. } \gamma \overline{\overline{<}} \text{ endl. Konst. } \varepsilon_2^{1}.$$

Aus 18[a]) folgt nun weiter:[2])

19[a])
$$\delta y = a \cdot z \cdot \varepsilon_2 + \Gamma,$$
wo a eine bestimmte endliche Konstante ist und

19[b])
$$\text{abs. } \Gamma \overline{\overline{<}} \text{ endl. Konst. } \varepsilon_2^{\frac{3}{2}}.$$

Da wir uns nur mit Funktionen y (resp. $y + \delta y$) beschäftigen, welche mit ihren ersten und zweiten Ableitungen eindeutig und stetig ist, so folgt aus 19[a]) auch:

20[a])
$$\delta y' = a \cdot z' \varepsilon_2 + \Gamma',$$
wo auch:

20[b])
$$\text{abs. } \Gamma' \overline{\overline{<}} \text{ endl. Konst. } \varepsilon_2^{\frac{3}{2}}.$$

Nur diese Fälle 19), 20) bedürfen einer besonderen Untersuchung.

---

[1]) Man kann δZ mit z proportional setzen, da beide an den Grenzen verschwinden und im Intervall $x_1 x_2$ mit ihren ersten Ableitungen eindeutig und stetig vorausgesetzt werden.

[2]) Da nach 18[a]) und 9):
$$\frac{d}{dx}\left(\frac{\delta y}{z}\right) = \gamma,$$
somit:
$$\delta y = \text{const. } z + \Gamma.$$

§ 3.

Bevor wir zu dieser Untersuchung übergehen, fügen wir in der Formel 13) zu der rechten Seite noch den Ausdruck

$$\int_{x_1}^{x_2} \frac{d}{dx}\left(\frac{F_3\,\delta y^3}{z^3}\right) dx = \int_{x_1}^{x_2}\left[\frac{d}{dx}\left(\frac{F_3}{z^3}\right)\delta y^3 + 3\frac{F_3}{z^3}\delta y^2\left(\delta Z + \frac{z'}{z}\delta y\right)\right] dx$$

hinzu und subtrahieren denselben Ausdruck:

$$\int_{x_1}^{x_2} \frac{d}{dx}\left(\frac{F_3\,\delta y^3}{z^3}\right) dx = \left|\frac{F_3\,\delta y^3}{z^3}\right|_{x=x_1}^{x=x_2} = \left[\frac{F_3\,\delta y'^3}{z'^3}\right]_{x=x_1}^{x=x_2},$$

wo F_3 eine **eindeutige und stetige** Funktion von x im Intervall

$$x_1 \gtrless x \gtrless x_2$$

sein soll, über die wir uns noch eine weitere Bestimmung vorbehalten.

Es folgt dann:

$$21)\quad \begin{cases} [\delta J] = -\left|\dfrac{F_3\,\delta y'^3}{z'^3}\right|_{x=x_1}^{x=x_2} + \frac{1}{2}\displaystyle\int_{x_1}^{x_2} f_{22}(1+E)\,\delta Z^2\,dx \\ \qquad + \displaystyle\int_{x_1}^{x_2}\left[D(f) + \delta y^3\left\{\frac{d}{dx}\left(\frac{F_3}{z^3}\right) + 3\,\frac{F_3 z'}{z^4}\right\}\right] dx \\ \qquad + \displaystyle\int_{x_1}^{x_2}\left[D\left(\frac{\partial f}{\partial y'}\right) + \frac{3F_3}{z^3}\,\delta y^2\right]\delta Z\,dx. \end{cases}$$

Wir wählen jetzt F_3 so, dass:

$$D^3(f) + \frac{d}{dx}\left(\frac{F_3}{z^3}\right) + 3\,\frac{F_3 z'}{z^4} = 0,$$

also:

$$\frac{dF_3}{dx} = -z^3 D^3(f)$$

oder:

$$22)\quad \frac{dF_3}{dx} = -\tfrac{1}{6}\{f_{111} z^3 + 3f_{112} z^2 z' + 3f_{122} z z'^2 + f_{222} z'^3\},$$

dann können wir 21) auch so schreiben (man vergl. die Formel 15)):

$$
23)\begin{cases}
[\delta J] = -\left|\dfrac{F_3\,\delta y'^3}{z'^3}\right|_{x=x_1}^{x=x_2} \\
\qquad + \displaystyle\int_{x_1}^{x_2} \frac{1}{1+E}\left\{\tfrac{1}{2} f_{22}\left[(1+E)\,\delta Z + \frac{D\left(\frac{\partial f}{\partial y'}\right) + \frac{3F_3}{z^3}\delta y^2}{f_{22}}\right]^2\right. \\
\qquad \left. + (1+E)(D^4(f)\,\delta y^4 + ..)^{1)} - \tfrac{1}{2}\dfrac{\left\{D\left(\frac{\partial f}{\partial y'}\right) + \frac{3F_3}{z^3}\delta y^2\right\}^2}{f_{22}}\right\} dx.
\end{cases}
$$

An der Hand dieser Formel werden wir jetzt die Fälle 19) 20) diskutieren.

§ 4.

Wir folgern zunächst aus 23) die für ein festes Zeichen von $[\delta J]$ notwendige Bedingung, es muss

$$|F_3|_{x=x_1}^{x=x_2} = 0$$

sein, also:

$$24)\qquad \int_{x_1}^{x_2} \{f_{111} z^3 + 3 f_{112} z^2 z' + 3 f_{122} z z'^2 + f_{222} z'^3\}\, dx = 0;$$

denn wäre dieser Ausdruck $\neq 0$, so folgte aus 23) nach den Substitutionen 19) 20):

$$[\delta J] = c \cdot \varepsilon_2^2 + \delta,$$

wo c eine von Null verschiedene Konstante und

$$\text{abs. } \delta \overline{<} \text{ endl. Konst. } \varepsilon_2^{3+\frac{1}{2}},$$

wenn wir nur Γ und Γ' so einrichten, dass

$$\text{abs.}\left[(1+E)\,\delta Z + \frac{D\left(\frac{\partial f}{\partial y'}\right) + \frac{3F_3}{z^3}\delta y^2}{f_{22}}\right] \overline{<} \text{ endl. Konst } \varepsilon_2^2,$$

was ja stets möglich ist.

Wir können sogleich aus 23) eine weitere notwendige Bedingung ableiten. F_3 ist nach 22) noch mit einer willkürlichen Konstanten behaftet, wir wählen dieselbe so, dass:

---

1) Das ist $D(f)$ abgesehen von den Gliedern 3. Ordnung $D^3(f)\,\delta y^3$.

25ᵃ) $$|F_3|_{x=x_1} = 0,$$

somit nach 24) auch:

25ᵇ) $$|F_3|_{x=x_2} = 0,$$

dann folgt aus 23), dass $[\delta J]$ ein festes Zeichen nur dann haben kann, wenn der Ausdruck:

26) $$\int_{x_1}^{x_2}\left[D^4(f) - \tfrac{1}{2}\frac{\left\{D^2\left(\frac{\partial f}{\partial y'}\right) + 3\frac{F_3}{z^3}\right\}^2}{f_{22}}\right] z^4\, dx$$

das Zeichen von f_{22} besitzt, denn nennen wir C den Wert dieses Ausdruckes, so folgt aus 23) nach den Substitutionen 19), 20):

$$[\delta J] = C\cdot a^4\cdot\varepsilon_2^4 + \Delta,$$

wo

$$\text{abs. } \Delta \overline{\overline{<}} \text{ endl. Konst. } \varepsilon_2^{4+\frac{1}{2}},$$

wenn wir nur Γ und Γ' so einrichten, dass:

$$\left[(1+E)\,\delta Z + \frac{D\left(\frac{\partial f}{\partial y'}\right) + \frac{3F_3}{z^3}\,\delta y^2}{f_{22}}\right]^2 \overline{\overline{<}}\ \varepsilon_2^{4+\frac{1}{2}},$$

was ja stets möglich ist.

Die Bedingung, dass der Ausdruck 26) das Zeichen von f_{22} hat und von Null verschieden ist, ergiebt sich auch sofort als eine hinreichende Bedingung für das Eintreten eines M_a', da nach den Substitutionen 19) und 20) dann der Ausdruck

$$\left\{\int_{x_1}^{x_2}(1+E)(D^4(f)\,\delta y^4 + \ldots) - \tfrac{1}{2}\frac{\left\{D\left(\frac{\partial f}{\partial y'}\right) + \frac{3F_3}{z^3}\,\delta y^2\right\}^2}{f_{22}}\right\} dx$$

das Zeichen von f_{22} besitzt und somit auch der Ausdruck $[\delta J]$.

Wir erhalten so das folgende Endresultat:

In dem semidefiniten Falle, in welchem f_{22} im Intervalle $x_1 x_2$ stets dasselbe Zeichen besitzt und nirgends verschwindet, und in dem

27) $$z = \left[\frac{\partial y}{\partial c_1}\right]\left[\frac{\partial y}{\partial c_2}\right]_{x=x_1} - \left[\frac{\partial y}{\partial c_2}\right]\left[\frac{\partial y}{\partial c_1}\right]_{x=x_1}$$

nirgends **innerhalb** des Intervalles $x_1 x_2$ verschwindet, wohl aber an den **beiden** Grenzen $x = x_1$ und $x = x_2$, erhält man die folgenden nächsten Kriterien für das Auftreten eines M_a^i:

Es muss für ein M_a^i

$$28)\quad \int_{x_1}^{x_2} \{f_{111} z^3 + 3 f_{112} z^2 z' + 3 f_{122} z z'^2 + f_{222} z'^3\} \, dx = 0$$

sein. Es wird dann thatsächlich ein M_a^i stattfinden, wenn der Ausdruck

$$29)\quad \int_{x_1}^{x_2} z^4 \left\{ D^4(f) - \frac{1}{2} \frac{\left\{ D^2\left(\frac{\partial f}{\partial y'}\right) + \frac{3 F_3}{z^3} \right\}^2}{f_{22}} \right\} dx,$$

in dem

$$30)\quad F_3 = -\tfrac{1}{6} \int_{x_1}^{x} \{f_{111} z^3 + 3 f_{112} z^2 z' + 3 f_{122} z z'^2 + f_{222} z'^3\} \, dx,$$

$$31)\quad D^4(f) = \tfrac{1}{24} \left\{ f_{1111} + 4 f_{1112} \frac{z'}{z} + 6 f_{1122} \left(\frac{z'}{z}\right)^2 + 4 f_{1222} \left(\frac{z'}{z}\right)^3 + f_{2222} \left(\frac{z'}{z}\right)^4 \right\},$$

$$32)\quad D^2\left(\frac{\partial f}{\partial y'}\right) = \tfrac{1}{2} \left\{ f_{112} + 2 f_{122} \frac{z'}{z} + f_{222} \left(\frac{z'}{z}\right)^2 \right\},$$

das Zeichen von f_{22} besitzt und von Null verschieden ist; hat der Ausdruck ein von f_{22} verschiedenes Zeichen, ohne zu verschwinden, so wird ein M_a^i nicht vorhanden sein; verschwindet der Ausdruck, so ist eine weitere Untersuchung erforderlich (semidefiniter Fall höherer Ordnung).

§ 5.

Vor längerer Zeit hat bereits G. Erdmann[1]) Kriterien für den hier behandelten semidefiniten Fall aufgestellt, und

[1]) G. Erdmann, Untersuchung der höheren Variationen einfacher Integrale (Z.-S. f. Math. u. Phys. XXII, 1877, p. 324); ich verdanke einer freundlichen, brieflichen Mitteilung von Herrn A. Mayer den Hinweis auf diese Arbeit.

ich möchte hier zeigen, dass die Erdmann'schen Kriterien aus den obigen Kriterien einwandsfrei folgen, während mir der von Erdmann gegebene Beweis nur für die notwendigen Bedingungen streng erscheint. Zu diesem Zwecke werden wir die Bezeichnungen von Erdmann einführen, durch welche die Kriterien in einer wesentlich eleganteren Form dargestellt werden können.

Wir definieren die Operation $\frac{d(-)}{dc}$ durch die Formel:

$$33)\quad \frac{d(-)}{dc} = \frac{\partial(-)}{\partial c_1}\cdot\left|\frac{\partial y}{\partial c_2}\right|_{x=x_1} - \frac{\partial(-)}{\partial c_2}\cdot\left|\frac{\partial y}{\partial c_1}\right|_{x=x_2}$$

und setzen:

$$34)\quad \begin{cases} u = \dfrac{dy}{dc}, \\ v = \dfrac{d^2 y}{dc^2}, \\ w = \dfrac{d^3 y}{dc^3}, \end{cases}$$

dann verschwinden offenbar u, v, w für $x = x_1$, und es ist:

$$35)\quad z = \left[\frac{dy}{dc}\right] = [u],$$

so dass $[u]$ auch für $x = x_2$ bei unseren Voraussetzungen verschwindet:

Wir setzen ferner:

$$36)\quad a_{mn} = \frac{\partial^{m+n} f}{\partial y^m \partial y'^n}, \quad m = 0, 1, 2 \ldots \quad n = 0, 1, 2 \ldots$$

und:

$$37)\quad \begin{cases} \Omega_2 = \int_{x_1}^{x_2} (a_{20} u^2 + 2a_{11} uu' + a_{02} u'^2)\, dx,^{1)} \\ \Omega_3 = \int_{x_1}^{x_2} (a_{30} u^3 + 3a_{21} u^2 u' + 3a_{12} uu'^2 + a_{03} u'^3)\, dx, \\ \Omega_4 = \int_{x_1}^{x_2} (a_{40} u^4 + 4a_{31} u^3 u' + 6a_{22} u^2 u'^2 + 4a_{13} uu'^3 + a_{04} u'^4)\, dx. \end{cases}$$

[1]) Bei der Festsetzung $u' = \frac{du}{dx}$, analog $v' = \frac{dv}{dx}$.

Dann ist wegen der (aus 4) analog der Gleichung 11) folgenden Relation:

$$38)\qquad a_{20}u + a_{11}u' = \frac{d}{dx}(a_{11}u + a_{02}u')$$

zunächst:

$$\Omega_2 = \int_{x_1}^{x_2} \frac{d}{dx}\{u(a_{11}u + a_{02}u')\}\,dx,$$

oder:

$$39)\qquad \Omega_2 = |u(a_{11}u + a_{02}u')|_{x=x_2}.$$

Es ist weiter nach der zweiten und ersten Formel 37):

$$\Omega_3 = \frac{d\Omega_2}{dc} - \int_{x_1}^{x_2}(2a_{20}uv + 2a_{11}(uv' + vu') + 2a_{02}u'v')\,dx,$$

$$= \frac{d\Omega_2}{dc} - 2\int_{x_1}^{x_2}\frac{d}{dx}\{v(a_{11}u + a_{02}u')\}\,dx,$$

oder mit Rücksicht auf 39):

$$\Omega_3 = |v(a_{11}u+a_{02}u')+u(a_{11}v+a_{02}v')-2v(a_{11}u+a_{02}u')|_{x=x_2},$$

oder schliesslich:

$$40)\ \Omega_3 = |a_{02}(uv'-vu')|_{x=x_2} + |u(a_{21}u^2+2a_{12}uu'+a_{03}u'^2)|_{x=x_2}.$$

Wegen der Identität:

$$\int_{x_1}^{x_2}(f_{111}z^3 + 3f_{112}z^2z' + 3f_{122}zz'^2 + f_{222}z'^3)\,dx = [\Omega_3]$$

und der Relation 40) können wir jetzt die für ein M_a^i notwendige Bedingung 28) in der Form schreiben:

$$41)\qquad [v]_{x=x_2} = \left[\frac{d^2y}{dc^2}\right]_{x=x_2} = 0.$$

Wir können ferner — analog der Ableitung von 40) — die durch 30) definierte Funktion F_3 in der Form darstellen:

$$42)\ \ F_3 = -\tfrac{1}{6}f_{22}[uv' - vu'] - \tfrac{1}{6}[u(a_{21}u^2 + 2a_{12}uu' + a_{03}v'^2)],$$

und wir gehen nun zur Vereinfachung des Ausdruckes 29) über.

Wir bedenken hier zunächst, dass nach der dritten un zweiten Formel 37):

$$\Omega_4 = \frac{d\,\Omega_3}{d\,c} - 3\int_{x_1}^{x_2}(a_{30}\,u^2 v + a_{21}\,u\,(2u' v + u v') + a_{12}\,u'\,(u\,v + 2u'\,v') + a_{03}\,u'^2\,v')\,d\,x,$$

$$= \frac{d\,\Omega_3}{d\,c} - 3\int_{x_1}^{x_2}\frac{d}{d\,x}\{v\,(a_{11}\,v + a_{02}\,v' + a_{21}\,u^2 + 2a_{12}\,u\,u' + a_{03}\,u'^2)\}\,d\,x$$

$$+ 3\int_{x_1}^{x_2}(a_{20}\,v^2 + 2a_{11}\,v\,v' + a_{02}\,v'^2)\,d\,x,^{1)}$$

somit mit Rücksicht auf 40) und 41):

$$[\Omega_4] = -\,|f_{22}\,z'\,[w]\,|_{x=x_2}$$

$$+ 3\int_{x_1}^{x_2}\{f_{11}\,[v^2] + 2f_{12}\,[v\,v'] + f_{22}\,[v'^2]\}\,d\,x,$$

und da nach 31) und 37)

$$\int_{x_1}^{x_2} z^4\,D^4\,(f)\,d\,x = \tfrac{1}{24}\,[\Omega_4]:$$

$$43)\quad \int_{x_1}^{x_2} z^4\,D^4\,(f)\,d\,x = -\tfrac{1}{24}\,|f_{22}\,z'\,[w]\,|_{x=x_2} + \tfrac{1}{8}\int_{x_1}^{x_2}\{f_{11}\,[v^2] + 2f_{12}\,[v\,v'] + f_{22}\,[v'^2]\}\,d\,x.$$

Wir brauchen jetzt noch diesen Ausdruck und den Ausdruck:

$$44)\quad z^4\left\{D^2\left(\frac{\partial f}{\partial y'}\right) + \frac{3F_3}{z^3}\right\}^2 = +\tfrac{1}{4}f_{22}^2\,\frac{[u\,v' - v\,u']^2}{[u]^2}$$

in 29) einzusetzen, um für 29) den folgenden Wert zu erhalten:

---

1) Mit Rücksicht auf die aus 38) folgende Relation:

$$a_{20}\,v + a_{11}\,v' + a_{30}\,u^2 + 2\,a_{21}\,u\,u' + a_{12}\,u'^2 = \frac{d}{d\,x}\,(a_{11}\,v + a_{02}\,v' + a_{21}\,u^2 + 2\,a_{12}\,u\,u' + a_{03}\,u'^2).$$

$$45)\qquad -\tfrac{1}{24}\left|f_{22}\,z'\,[w]\right|_{x=x_2}+\tfrac{1}{8}\int_{x_1}^{x_2}\Big\{f_{11}\,[v^2]+2f_{12}\,[v\,v']$$
$$+f_{22}\,[v'^2]-f_{22}\,\frac{[u\,v'-v\,u']^2}{[u]^2}\Big\}\,d\,x.$$

Nun ist leicht zu zeigen, dass das Integral in diesem Ausdruck verschwindet, denn es ist:

$$\int_{x_1}^{x_2} f_{22}\left\{\frac{u\,v'-v\,u'}{u}\right\}^2 dx=\int_{x_1}^{x_2} f_{22}\,u^2\left\{\frac{d}{dx}\left(\frac{v}{u}\right)\right\}^2 d\,x$$
$$=\int_{x_1}^{x_2}\Big\{f_{11}\,v^2+2f_{12}\,v\,v'+f_{22}\,v'^2$$
$$-\frac{d}{d\,x}\Big\{f_{12}\,v^2+f_{22}\,\frac{v^2\,u'}{u}\Big\}\Big\}\,d\,x,$$
$$=\int_{x_1}^{x_2}\{f_{11}\,v^2+2f_{12}\,v\,v'+f_{22}\,v'^2\}\,d\,x,$$

sobald $v=0$ für $x=x_1$ und $x=x_2$.

Der Ausdruck 29) reduciert sich somit auf

$$46)\qquad -\tfrac{1}{24}\left|f_{22}\,z'\,[w]\right|_{x=x_2}.$$

Wir können hiernach jetzt den Kriterien S. 10 die elegante Form der Erdmann'schen Kriterien geben:

Definiert man die Operation $\dfrac{d(-)}{d\,c}$ durch die Formel:

$$47)\qquad \frac{d(-)}{d\,c}=\frac{\partial(-)}{\partial\,c_1}\cdot\left|\frac{\partial\,y}{\partial\,c_2}\right|_{x=x_1}-\frac{\partial(-)}{\partial\,c_2}\cdot\left|\frac{\partial\,y}{\partial\,c_1}\right|_{x=x_1},$$

so ist in dem betrachteten semidefiniten Falle für ein M_a^i notwendig, dass:

$$48)\qquad \left[\frac{d^2\,y}{d\,c^2}\right]_{x=x_2}=0;$$

es wird dann thatsächlich ein M_a^i stattfinden, wenn

$$49)\qquad \left[\frac{d\,y'}{d\,c}\cdot\frac{d^3\,y}{d\,c^3}\right]_{x=x_2}\ \text{negativ}$$

und von Null verschieden ist; ist der Ausdruck 49) positiv und von Null verschieden, so wird ein M_a^1 nicht vorhanden sein; ist

$$\left[\frac{d^3 y}{d c^3}\right]_{x=x_2} = 0,$$

so ist eine weitere Untersuchung erforderlich (semidefiniter Fall höherer Ordnung).

Neue Mittelwerthssätze über bestimmte Integrale.

Von **Hermann Brunn.**

(Eingelaufen 1. März.)

Geometrische Einleitung.

1. In jeder unserer Figuren 1, 2 und 3 haben wir zwei zu einander senkrechte Ebenen I und II und einen in ihrem Winkel liegenden Körper: K_1 in Fig. 1, K_2 in Fig. 2, K_3 in Fig. 3.

2. Jeder dieser Körper ist ausser durch I und II durch zwei ebene und zwei cylindrische auf I oder II senkrechte Flächen begrenzt, z. B. K_1 durch die ebenen Flächen $a c \gamma C$, $b d \delta D$ und die cylindrischen $C \gamma \delta D$ und $c \gamma \delta d$.

3. Sämmtliche drei Körper werden von Ebenen, die senkrecht zur Schnittlinie $a b$ der Ebenen I und II sind, nach Rechtecken geschnitten.

4. Die drei Figuren sind nur der Deutlichkeit wegen auseinander gezeichnet. Man soll sie sich eigentlich in einander geschoben vorstellen, so dass man drei Körper zwischen einem einzigen Paar von Ebenen hat.

5. Dann wird die ebene Grundfläche $abdcc$, wie schon durch die gleichbleibende Bezeichnung angedeutet in allen drei Fällen identisch dieselbe. Die drei Flächen $abDEC$, $abD'E'C'$, $a b D'' E'' C''$ werden nicht identisch, sind aber als i n h a l t s g l e i c h vorausgesetzt.

6. Wichtig ist nun die Charakterisirung der in I und II liegenden Leitlinien der verschiedenen Cylinderflächen. Die Curven CED und ced, jene von C nach D, diese von c nach d hin durchlaufen, sollen dabei beide entweder der Linie ab niemals näher kommen, oder niemals von ihr sich entfernen. Anders ausgedrückt, sie sollen durch monotone Funktionen $y = f(x)$ und $y = g(x)$ gleichen Charakters (durch „isomonotone", kürzer „isotone" Funktionen) sich ausdrücken, wenn man ab als Abscissenaxe, die Ordinaten in den zu ab senkrechten Richtungen aC, resp. ac nimmt.

7. $C'' E'' D''$ soll symmetrisch zu CED, das Flächenstück $abC'' E'' D''$ eine einfache Umlegung von $abCED$ sein. $C'' E'' D''$ ist somit ebenfalls monoton, aber nicht gleichen Charakters („anisoton") mit CED. $C' E' D'$ ist eine Parallele zu ab.

8. Den nichtssagenden Fall, dass CED selbst parallel zu ab ist, und in Folge dessen (s. 5) mit $C' E' D'$ und $C'' E'' D''$ zusammenfällt, können wir als ausgeschlossen, bezw. von vorneherein erledigt betrachten.

9. Es gilt nun

$$K_1 > K_2 > K_3$$

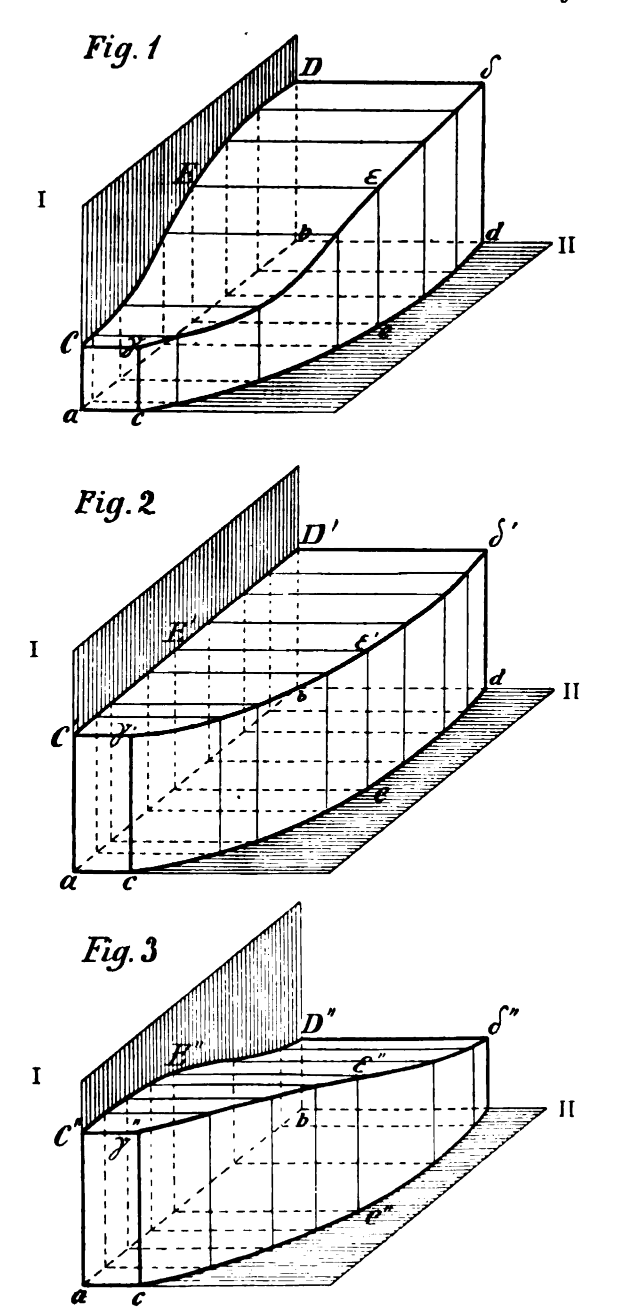
und diese Beziehung, analytisch eingekleidet (s. VIII und XXII) und bewiesen, sowie mehrfach verallgemeinert, bildet den Inhalt der folgenden Betrachtungen.[1])

I. Capitel.

10. $f(x)$ und $g(x)$ seien in dem endlich begrenzten Intervall $a \leq x \leq b$ endliche, eindeutige, monotone Funktionen, somit auch integrabel im ganzen Intervall und über jede beliebige Theilstrecke desselben.

---

[1]) Herr Gust. Bauer macht mich aufmerksam, dass die nemliche Art geometrischer Repräsentation für den Du Bois-Reymond'schen Mittelwerthssatz angewendet wurde von C. Neumann (Ueber die nach Kugel- und Cylinder-Funktionen fortschreitenden Entwickelungen etc. Leipzig 1881).


Fig. 1
D
δ
E
ε
I
b
d
II
C
γ
e
a
c
Fig. 2
D'
δ'
E'
ε'
I
d
II
b
C'
γ'
e
a
c
Fig. 3
D''
δ''
E''
ε''
I
b
II
C''
γ''
e''
a
c

11. Die Integrabilität des Produktes $f(x) \cdot g(x)$ im nemlichen Intervall ist für das Folgende ebenfalls nothwendig, sie ergibt sich aber, wie man weiss, aus den gemachten Voraussetzungen bereits als nothwendige Folge.

12. Zunächst seien $f(x)$ und $g(x)$ nicht nur monoton, sondern — um beim ersten Beweisschritt unseres bevorstehenden Satzes nicht gleich eine Menge verschiedener parallel laufender Fälle zu gleicher Zeit im Auge behalten zu müssen, — auch isoton, und zwar niemals abnehmend, dazu im ganzen Intervall positiv. Schliesslich sei auch der Fall eines völligen Gleichbleibens im ganzen Intervall für beide Funktionen vorläufig ausgeschlossen.

Dann ist

$$\text{I)} \qquad f(a)\int_a^b dx < \int_a^b f(x)\,dx < f(b)\int_a^b dx$$

oder — es ist ja $b - a$ positiv (s. 10) —

$$\text{II)} \qquad f(a) < \frac{1}{b-a}\int_a^b f(x)\,dx < f(b).$$

13. Es ist also

$$\frac{1}{b-a}\int_a^b f(x)\,dx = f_m$$

ein mittlerer Werth zwischen $f(a)$ und $f(b)$ und es lässt sich auf alle Fälle ein zwischen a und b liegender Werth x_m bestimmen, für welchen gilt:

$$\text{III)} \qquad f(x_m - \varepsilon) \leqq f_m \leqq f(x_m + \delta)$$

wobei

$$0 < \varepsilon \leqq x_m - a; \quad 0 < \delta \leqq b - x_m$$

ist und die beiden Gleichheitszeichen in III) nach Absatz 12 nicht gleichzeitig für alle zugelassenen Werthe von ε und δ gelten können.

14. Ob dabei f_m mit $f(x_m)$ zusammenfällt, bleibt unentschieden; die Voraussetzungen über die Funktion sind derartige, dass auch ein Unstetigkeitssprung der Funktion bei

$x = x_m$ zulässig ist, der sie von einem Werthe unterhalb f_m nach einem solchen oberhalb fortreisst.[1])

15. In Worten: Es existirt sicher eine Theilung des Intervalls von der Art, dass die zum einen Theil gehörigen x-Werthe die Funktion sämmtlich $\leqq f_m$, die zum andern Theil gehörigen sämmtlich sie $\geqq f_m$ machen.

16. Dann gilt weiter:

$$\text{IV)}\left\{\begin{array}{c} \int_a^{x_m} f(x)\,g(x)\,dx \leqq \int_a^{x_m} f_m \cdot g(x)\cdot dx \\ (= \text{nur, wenn } f(x) \text{ von } a \text{ bis } x_m \text{ constant } = f_m \text{ ist}) \\ \int_{x_m}^{b} f(x)\,g(x)\,dx \geqq \int_{x_m}^{b} f_m \cdot g(x)\cdot dx \\ (= \text{nur, wenn } f(x) \text{ von } x_m \text{ bis } b \text{ constant } = f_m \text{ ist}) \end{array}\right.$$

oder — indem man die beiden vorstehenden Ungleichungen leicht umformt und neue wichtige daran kettet:

$$\left.\begin{array}{ll} \text{V}^{\text{a}}) & 0 \leqq \int_a^{x_m} (f_m - f(x))\,g(x)\,dx \leqq g(x_m)\int_a^{x_m} (f_m - f(x))\,dx \\ & \qquad\qquad " \qquad\qquad \leqq g(x_m)\left[f_m(x_m - a) - \int_a^{x_m} f(x)\,dx\right] \\ \text{und} & \\ \text{V}^{\text{b}}) & 0 \leqq \int_{x_m}^{b} (f(x) - f_m)\,g(x)\,dx \geqq g(x_m)\int_{x_m}^{b} (f(x) - f_m)\,dx \\ & \qquad\qquad " \qquad\qquad \geqq g(x_m)\left[\int_{x_m}^{b} f(x)\,dx - f_m(b - x_m)\right] \end{array}\right\}\text{beachte III)}$$

Die zweiten Gleichheitszeichen in V_a) resp. V_b) gelten nur, wenn $g(x)$ von a bis x_m, resp. von x_m bis b constant gleich $g(x_m)$ ist oder wenn $f_m - f(x)$ im ganzen Intervall von a bis x_m, resp. von x_m bis b gleich Null ist.

---

[1]) Möglicherweise existiren mehrere Werthe für x_m; sind x'_m und x''_m zwei davon, so ist sicher $f(x'_m) = f(x''_m) = f_m$ und auch $f(x_m) = f_m$ für jeden beliebigen Werth $x_m = x'''_m$, der zwischen x'_m und x''_m liegt.

17. Hier ist eine Erläuterung der Bedeutung von $g(x_m)$ erforderlich. Sobald $g(x)$ bei x_m keine Unstetigkeit erleidet, ist ein Zweifel darüber, was für $g(x_m)$ zu setzen ist, ausgeschlossen. Sobald $g(x)$ aber dort einen Sprung macht von $g(x) = \alpha$ bis $g(x) = \beta$, so kann für $g(x_m)$ jeder Werth zwischen α und β mit Einschluss dieser Grenzen gesetzt werden, und man kann auch, um die Ungleichungen möglichst stringent zu machen, in V_a) einen möglichst kleinen Werth, also α, in V_b) einen möglichst grossen, also β für $g(x_m)$ einsetzen.

18. Wir kehren zur Entwickelung unseres Satzes zurück. Die beiden eckigen Klammern in V_a) und V_b) erweisen sich als gleich, wie man durch Subtraktion ersieht:

$$\text{VI)} \quad \begin{aligned} & f_m(x_m - a) - \int_a^{x_m} f(x)\,dx - \int_{x_m}^b f(x)\,dx + f_m(b - x_m) \\ & = f_m(b-a) - \int_a^b f(x)\,dx = 0 \quad \text{(nach 13).} \end{aligned}$$

Wenn also der mit $g(x_m)$ multiplicirte Werth der eckigen Klammern mit F bezeichnet wird, so ist

$$\text{VII)} \quad \begin{aligned} & \int_a^{x_m} (f_m - f(x))\,g(x)\,dx \leqq F \leqq \int_{x_m}^b (f(x) - f_m)\,g(x)\,dx \\ & \int_a^{x_m} (f_m - f(x))\,g(x)\,dx \leqq \int_{x_m}^b (f(x) - f_m)\,g(x)\,dx, \end{aligned}$$

wo das Gleichheitszeichen nur gelten könnte, wenn $g(x)$ im ganzen Intervall, mit Ausnahme etwa der Grenzen a und b selbst, constant gleich $g(x_m)$ wäre, was wir ausgeschlossen haben (s. 12).

Durch andere Vertheilung und Wiederzusammenfassung der Theilintegrale auf die Seiten der Ungleichung ergibt sich hieraus:

$$\text{VIII)} \quad \begin{aligned} & f_m \int_a^b g(x)\,dx < \int_a^b f(x)\,g(x)\,dx \qquad \text{oder} \\ & \int_a^b f(x)\,g(x)\,dx > \frac{1}{b-a} \int_a^b f(x)\,dx \cdot \int_a^b g(x)\,dx. \end{aligned}$$

19. Wir wollen nun den Satz von allerhand Beschränkungen befreien, welche ihm vorläufig noch anhaften.

Aus der erhaltenen Ungleichung ergibt sich auch die Richtigkeit der folgenden, in der k, l beliebige constante Grössen sind:

$$\text{IX)} \quad \int_a^b [f(x)+k][g(x)+l]\,dx > \frac{1}{b-a}\int_a^b [f(x)+k]\,dx \int_a^b [g(x)+l]\,dx$$

und umgekehrt, aus dem Bestehen der letzteren für irgend zwei Werthe k, l folgt VIII).

Denn durch Ausführung der Multiplikationen und Integrationen ergibt sich für IX) eine Form, die sich von VIII) nur durch die Hinzufügung gleicher Glieder

$$\text{X)} \qquad l\int_a^b f(x)\,dx + k\int_a^b g(x)\,dx + kl(b-a)$$

rechts und links vom Ungleichheitszeichen unterscheidet.

20. Sind nun $f(x)$, $g(x)$ irgend zwei im Intervall a bis b nirgends fallende endliche eindeutige Funktionen, deren Vorzeichen nicht oder nicht überall im Intervall positiv ist, so lassen sich doch stets endliche Constante k, l angeben, welche $f(x)+k$ und $g(x)+l$ zu nirgends fallenden, im Intervall stets positiven Funktionen machen, für welche IX) Geltung hat. Dann gilt aber, wie eben ausgesprochen, auch VIII).

Also die das Vorzeichen von $f(x)$ und $g(x)$ beschränkende Bedingung aus Abs. 12 können wir fallen lassen.

21. Ferner: Sind $f(x)$, $g(x)$ zwei im Intervall niemals steigende, so sind $-f(x)$, $-g(x)$ zwei im Intervall niemals fallende Funktionen, für welche gilt:

$$\text{XI)}\begin{cases} \int_a^b [-f(x)][-g(x)] > \frac{1}{b-a}\int_a^b [-f(x)]\,dx \cdot \int_a^b [-g(x)]\,dx \text{ (s. VIII);} \\ \text{somit gilt auch} \\ \int_a^b f(x)\,g(x)\,dx > \frac{1}{b-a}\int_a^b f(x)\,dx \cdot \int_a^b g(x)\,dx \end{cases}$$

d. h. der Satz gilt auch für niemals steigende Functionen, die endlich und eindeutig sind.

22. Ist schliesslich $f(x)$ eine im Intervall niemals fallende, $g(x)$ eine ebenda niemals steigende endliche eindeutige Funktion — oder umgekehrt — so ist nach dem Vorhergehenden der Satz sicher giltig für das Paar Funktionen $f(x)$ und $-g(x)$ und es kommt

$$\text{XII)} \quad \begin{cases} -\int_a^b f(x)\,g(x)\,dx > -\frac{1}{b-a}\int_a^b f(x)\,dx\int_a^b g(x)\,dx \\ \text{oder} \\ \int_a^b f(x)\,g(x)\,dx < \frac{1}{b-a}\int_a^b f(x)\,dx\int_a^b g(x)\,dx. \end{cases}$$

Für „anisotone" Funktionen dreht sich also das Ungleichheitszeichen unseres Satzes um.

23. Sobald wir das von Kronecker eingeführte Zeichen

$$\operatorname{sgn} A = \pm 1 \left(\text{je nachdem } A \begin{matrix}\text{pos}\\ \text{neg}\end{matrix}\right)$$

benutzen, ist

$$\text{XIII)} \quad \begin{aligned} &\operatorname{sgn}[f(b)-f(a)]\cdot\operatorname{sgn}[g(b)-g(a)] \\ &= \operatorname{sgn}\{[f(b)-f(a)]\,[g(b)-g(a)]\} \end{aligned}$$

$$\text{abgekürzt} = \operatorname{sgn} q = \pm 1 \left(\text{je nachdem } f \text{ und } g \begin{matrix}\text{isoton}\\ \text{anisoton}\end{matrix}\right).$$

Die bisherigen Resultate lassen sich daher in der folgenden Form des Satzes zusammenfassen:

$$\text{XIV)} \quad \operatorname{sgn} q\cdot\int_a^b f(x)\,g(x) > \operatorname{sgn} q\,\frac{1}{b-a}\int_a^b f(x)\,dx\int_a^b g(x)\,dx.$$

24. Um endlich auch noch die in 10. gemachte Voraussetzung $b > a$ zu beseitigen, sei $b < a$; dann gilt nach dem bisherigen sicher

$$\text{XV)}\left\{\begin{array}{l} \operatorname{sgn} q \int_b^a f(x)\, g(x)\, dx > \dfrac{\operatorname{sgn} q}{a-b} \int_b^a f(x)\, dx \int_b^a g(x)\, dx \\ \text{oder} \\ -\operatorname{sgn} q \int_a^b f(x)\, g(x)\, dx > -\operatorname{sgn} q \dfrac{1}{b-a} \int_a^b f(x)\, dx \int_a^b g(x)\, dx. \end{array}\right.$$

Die beiden für die entgegengesetzten Annahmen $b > a$ und $b < a$ geltenden Formen der Ungleichung können wieder in eine zusammengefasst werden, indem man in XIV) links wie rechts noch den Factor $\operatorname{sgn}(b-a)$ hinzufügt.

25. Setzt man schliesslich zur Abkürzung das Produkt

$$\text{XVI)} \qquad [f(b) - f(a)]\, [g(b) - g(a)]\, [b - a] = p,$$

so kommt als endgiltige Form des Satzes:

$$\text{XVII)} \quad \operatorname{sgn} p \int_a^b f(x)\, g(x)\, dx > \frac{\operatorname{sgn} p}{b-a} \int_a^b f(x)\, dx \int_a^b g(x)\, dx,$$

der nun für beliebige endliche, eindeutige monotone Funktionen $f(x)$, $g(x)$ und beliebige endliche Grenzen a, b gilt mit Ausnahme des Falles $a = b$, bei dem die beiden Seiten der Ungleichung als verschwindend und so einander gleichwerdend zu betrachten sind, und des Falles, wo eine der Funktionen f, g oder auch beide im ganzen Intervall constant sind und wo ebenfalls Gleichheit eintritt.

26. Eine Vervollständigung des Satzes kann gewonnen werden, indem man der einen Funktion, etwa $f(x)$, die Funktion $f(a + b - x)$ an die Seite stellt, welche im Intervall von a bis b die nemlichen Werthe wie jene, aber in umgekehrter Reihenfolge annimmt, somit ebenfalls endlich, eindeutig und monoton ist, und der Ungleichung

$$\text{XVIII)} \quad \operatorname{sgn} p' \int_a^b f(a+b-x)\, g(x)\, dx > \frac{\operatorname{sgn} p'}{b-a} \int_a^b f(a+b-x)\, dx \int_a^b g(x)\, dx$$

Genüge thut.

Aber es ist, wie die Substitution $x = a + b - y$ sofort erweist

XIX) $$\int_a^b f(a+b-x)\,dx = \int_a^b f(x)\,dx$$

und es ist ferner

XX) $$\operatorname{sgn} p' = \operatorname{sgn}\{[f(a)-f(b)][g(b)-g(a)][b-a]\} = -\operatorname{sgn} p,$$

so dass sich ergibt

XXI) $$\operatorname{sgn} p \int_a^b f(a+b-x)\,g(x)\,dx < \frac{\operatorname{sgn} p}{b-a}\int_a^b f(x)\,dx \int_a^b g(x)\,dx$$

und wir unserer Ungleichung XVII) noch ein Glied anfügen können:

XXII) $$\operatorname{sgn} p \int_a^b f(x)\,g(x)\,dx > \frac{\operatorname{sgn} p}{b-a}\int_a^b f(x)\,dx \int_a^b g(x)\,dx > \int_a^b f(a+b-x)\,g(x)\,dx.$$

27. Die vollständig symmetrische Rolle, welche $f(x)$ und $g(x)$ spielen, lässt erkennen, dass $f(x)$ und $g(x)$ im letzten Integral auch vertauscht werden können.

II. Capitel.

28. Die im ersten Capitel entwickelte Ungleichung hat in einer Beziehung etwas unbefriedigendes. Sie schliesst das Produkt der beiden Integrale über die Factoren $f(x)$ und $g(x)$ in Grenzen ein, für das Integral des Produktes gibt sie nur eine einseitige Grenze. Meist wiegt aber der Wunsch vor, gerade über das Integral des Produktes näher belehrt zu werden.

29. Versuchen wir zuerst, durch eine Transformation der Ungleichung diesem Mangel abzuhelfen. Es sei jetzt eine Funktion $m(x)$ und ihr Produkt mit einer andern $h(x)\cdot m(x)$ eindeutig, endlich und monoton. Dann wird auch $\frac{1}{m(x)}$ die nemlichen Eigenschaften haben, wenn nur kein Werth des x-Intervalls, auf welches sich die Betrachtung beschränkt, $m(x)$ zu Null macht. Dies sei jetzt vorausgesetzt.

30. Wir wenden nun unsern Satz auf den Fall $f(x) = h(x)m(x)$ und $g(x) = \frac{1}{m(x)}$ an und erhalten, wenn der Abkürzung wegen

$$[b-a]\,[h(b)\,m(b) - h(a)\,m(a)]\left[\frac{1}{m(b)} - \frac{1}{m(a)}\right] = p''$$

XXIII) oder

$$-[b-a]\,[m(b) - m(a)]\left[\frac{h(b)}{m(a)} - \frac{h(a)}{m(b)}\right] = p''$$

gesetzt wird:

XXIV)
$$\operatorname{sgn} p'' \int_a^b h(x)\,dx > \operatorname{sgn} p'' \int_a^b h(x)\cdot m(x)\,dx \cdot \int_a^b \frac{dx}{m(x)}$$
$$> \operatorname{sgn} p'' \int_a^b \frac{h(a+b-x)\,m(a+b-x)\,dx}{m(x)}.$$

Wir setzen, um die Division mit $\int_a^b \frac{dx}{m(x)}$ vorzubereiten,

XXV)
$$p'' \cdot \int_a^b \frac{dx}{m(x)} = r,$$

dann wird

XXVI)
$$\operatorname{sgn} r \frac{\int_a^b h(x)\,dx}{\int_a^b \frac{dx}{m(x)}} > \operatorname{sgn} r \int_a^b h(x)\,m(x)\,dx$$
$$> \operatorname{sgn} r \frac{\int_a^b \frac{b(a+b-x)\,m(a+b-x)\,dx}{m(x)}}{\int_a^b \frac{dx}{m(x)}}.$$

31. Unser Augenmerk richtet sich natürlich weniger auf die zweite, als auf die erste in XXVI) enthaltene Ungleichung und auf die Frage, ob vielleicht diese sich an die erste Ungleichung von XXII), welche für die bei monotonem $h(x)$ zulässige Verfügung $f(x) = h(x)$, $g(x) = m(x)$ die Form

XXVII) $$\operatorname{sgn} p \int_a^b h(x)\, m(x)\, dx > \frac{\operatorname{sgn} p}{b-a} \int_a^b h(x)\, dx \cdot \int_a^b m(x)\, dx$$

annimmt, — nach vorn angliedern lasse. Dies ist dann der Fall, wenn

$$\operatorname{sgn} r = \operatorname{sgn} p$$

oder wenn

XXVIII) $$-\operatorname{sgn} \int_a^b \frac{dx}{m(x)} \cdot \left[\frac{h(b)}{m(a)} - \frac{h(a)}{m(b)}\right] = 1$$

ist. Ist dagegen

$$\operatorname{sgn} r = -\operatorname{sgn} p;$$

XXIX) $$-\operatorname{sgn} \int_a^b \frac{dx}{m(x)} \cdot \left[\frac{h(b)}{m(a)} - \frac{h(a)}{m(b)}\right] = -1,$$

so ändre man die Vorzeichen der Glieder von XXVI), drehe dem gemäss die Ungleichheitszeichen um, und man wird erkennen, dass das weniger willkommene Glied

$$\operatorname{sgn} p \frac{\int_a^b \frac{h(a+b-x)\, m(a+b-x)}{m(x)}\, dx}{\int_a^b \frac{dx}{m(x)}}$$

sich vorn an XXII) anschliesst.

32. Nur die erste Ergänzung von XXII) scheint uns wichtig und wir wollen sie hier ausführlich anschreiben:

XXX) $$\operatorname{sgn} p \frac{\int_a^b h(x)\, dx}{\int_a^b \frac{dx}{m(x)}} > \operatorname{sgn} p \int_a^b h(x)\, m(x)\, dx$$

$$> \frac{\operatorname{sgn} p}{b-a} \int_a^b h(x)\, dx \int_a^b m(x)\, dx.$$

Wir sind ihrer Geltung auf Grund der bisherigen Entwicklung nur sicher, wenn XXVIII) und die bei 29. gemachten Voraussetzungen gelten, dazu noch die in 25. für $f(x)$ und $g(x)$

gemachten und nun gemäss 31. auf $h(x)$ und $m(x)$ zu übertragenden, so dass nun also $f(x)$, $m(x)$ und $h(x) \cdot m(x)$ monoton sein müssen. Diese Einschränkungen bilden die Schwäche von XXX).

33. Unser erster Versuch der Vervollständigung unserer Formel ist daher nur theilweise gelungen und lässt den Wunsch rege, eine bessere Ergänzung ausfindig zu machen.

34. Man könnte auf den Gedanken kommen, Ungleichungen wie

$$\text{XXXI)} \quad \begin{gathered} \int_a^b \frac{f(x)^2 + g(x)^2}{2}\, dx > \int_a^b f(x)\, g(x)\, dx \\ \int_a^b \left(\frac{f(x) + g(x)}{2}\right)^2 dx > \int_a^b f(x)\, g(x)\, dx, \end{gathered}$$

welche zunächst für positive $f(x)$, $g(x)$, dx gelten, zu diesem Zwecke heranzuziehen, aber dergleichen würde wenig Verdienst haben, denn diese neuherangezogenen Ungleichungen gelten schon für die Differentiale, stellen also keine den Integralen eigenthümlichen Sätze vor, sondern sind einfache Integrationen bekannter Sätze über integralfreie Funktionen.

Das Gute an unserer Ungleichung XXII) ist eben, dass sie nicht für die Differentiale gilt, sondern den Integralen eigenthümlich ist. Werthvoll wird also die Vervollständigung nur sein, wenn sie gleichen Charakter hat.

III. Capitel.

35. Die im I. Capitel angestellten Betrachtungen sind einer Verallgemeinerung fähig.

36. Es seien $f(x)$ und $F(x)$ für ein von a bis b laufendes x endliche, eindeutige monotone und zwar zunächst nie abnehmende Funktionen, und es sei

$$\text{XXXII)} \quad \int_a^b f(x)\, dx = \int_a^b F(x)\, dx, \qquad \text{dabei } b > a.$$

Es sei ferner ξ ein Werth von x im Intervall und

XXXIII) $$F(x) \leqq f(x) \quad \text{für jedes } x \text{ von } a \text{ bis } \xi,$$
$$F(x) \geqq f(x) \quad \text{für jedes } x \text{ von } \xi \text{ bis } b,$$

wobei es für das Folgende ganz gleichgiltig ist, ob die Grenzwerthe $x = a$, $x = b$ mit einbezogen werden oder nicht und was man für $x = \xi$ festsetzt.

37. Wenn ξ in einem Intervall liegt, dessen sämmtliche Werthe $F(x) = f(x)$ machen, so kann jeder beliebige Werth dieses Intervalls die Stelle von ξ vertreten.

38. Das Bestehen der Gleichungen

$$\int_a^\xi f(x)\,dx = \int_a^\xi F(x)\,dx \quad \text{und} \quad \int_\xi^b f(x) = \int_\xi^b F(x),$$

von denen (mittels XXXII) eine die andere nach sich zieht, soll ausgeschlossen sein.

Das Bestehen dieser Gleichungen würde die Identität der Funktionen an allen Stetigkeitsstellen nach sich ziehen.

39. Es werden also die Werthe der beiden Funktionen sicher weder im Intervall von a bis ξ, noch in dem von ξ bis b überall gleich sein.

40. Denkt man sich die Integrale XXXII) in bekannter Weise durch Flächenstücke repräsentirt, so ist der Inhalt bei beiden gleich, beim Integral $\int_a^b F(x)\,dx$ aber mehr nach der einen Seite (b) verschoben.

41. Unter den gemachten Voraussetzungen ist nun:

$$\int_a^b f(x)\,dx - \int_a^b F(x)\,dx$$

XXXIV) $$= \int_a^\xi [f(x) - F(x)]\,dx + \int_\xi^b [f(x) - F(x)]\,dx = 0$$

oder

$$\int_a^\xi [f(x) - F(x)]\,dx = \int_\xi^b [F(x) - f(x)]\,dx,$$

wobei rechts und links unter dem Integralzeichen positive, höchstens zu Null werdende Funktionen (in den eckigen Klammern) stehen.

Weiter gilt:

$$\text{XXXV)}\quad \begin{aligned} &\int_a^\xi [f(x) - F(x)]\, g(x) \cdot dx \leqq g(\xi) \int_a^\xi [f(x) - F(x)]\, dx \\ &= g(\xi) \int_\xi^b [F(x) - f(x)]\, dx \leqq \int_\xi^b [F(x) - f(x)]\, g(x)\, dx. \end{aligned}$$

42. Das erste Gleichheitszeichen gilt nur für den Fall, dass $g(x)$ im Intervall von a bis ξ constant gleich $g(\xi)$, das zweite nur, wenn es im Intervall von ξ bis b constant gleich $g(\xi)$ ist.

43. Bezüglich der Bedeutung von $g(\xi)$ vergleiche man die Bemerkungen unter 17. Wird, um die Ungleichungen stringenter zu machen, die gelegentlich sich bietende Möglichkeit, für $g(\xi)$ zwei verschiedene Werthe zu setzen, ergriffen, so ist in der letzten Formel das mittlere Gleichheitszeichen durch $<$ zu ersetzen.

44. Durch Subtraktion des ersten Gliedes folgt aus unserer Ungleichung — nach Weglassung der beiden Mittelglieder —

$$0 \leqq \int_\xi^b [F(x) - f(x)]\, g(x)\, dx - \int_a^\xi [f(x) - F(x)]\, g(x)\, dx$$

$$\text{XXXVI)}\quad 0 \leqq \int_a^b F(x)\, g(x)\, dx - \int_a^b f(x)\, g(x)\, dx \qquad \text{oder}$$

$$\int_a^b F(x)\, g(x)\, dx \geqq \int_a^b f(x)\, g(x)\, dx.$$

Das Gleichheitszeichen kann nur gelten, wenn $g(x)$ im ganzen Intervall von a bis b constant gleich ξ ist.

45. Bei Umkehr der Grenzen dreht sich das Ungleichheitszeichen um; beide Formen der Ungleichung sind zusammengefasst unter

$$\text{XXXVII)}\quad \operatorname{sgn}(b-a) \int_a^b F(x)\, g(x)\, dx \geqq \operatorname{sgn}(b-a) \int_a^b f(x) g(x)\, dx.$$

46. Gilt der Satz für $f(x)$ und $F(x)$, so gilt er auch für $f(x) - c$ und $F(x) - c$, wodurch die Beschränkung $f(a) > 0$ wegfällt; gilt er für $f(x)$, $g(x)$ und $F(x)$, so gilt er auch für $-f(x)$, $-g(x)$ und $-F(x)$, d. h. auch für Funktionen, die niemals zunehmen. Und: Wie $F(x)$ eine Funktion war, welche (mindestens stellenweise) grössere Werthe als $f(x)$ aufweist in jenem von ξ ausgehenden Intervall, in welchem $f(x)$ selbst grössere Werthe aufweist als im andern, so ist auch $-F(x)$ eine Funktion von analogem Verhalten gegenüber $-f(x)$, oder, um zur Beförderung des Verständnisses den Sachverhalt noch in einer andern Weise auszudrücken: Es ist die durch $-\int_a^b F(x)\,dx$ ausgedrückte Fläche im Vergleich mit der durch $-\int_a^b f(x)\,dx$ ausgedrückten etwas einseitiger massirt nach der Seite, nach der schon die Fläche $\int_a^b f(x)\,dx$ selbst stärker massirt ist. Für den Fall negativer Ordinaten und Flächen sind hier die Begriffe grösser — kleiner im algebraischen, nicht im absoluten Sinne zu nehmen, wozu die geometrische Anschauung verleiten könnte.

47. Der Fall $f(x) = \text{const.}$, bei dem die Fläche, die zu $y = f(x)$ gehört, nach keiner der beiden Seiten stärker massirt ist als nach der andern, kann — als in früheren Entwickelungen, des I. Capitels, bereits erledigt — hier ausgeschlossen werden.

48. Wird nur an Stelle des $g(x)$ die negative Funktion $-g(x)$ gesetzt, so dass es in eine niemals steigende Funktion übergeht, so ist das Ungleichheitszeichen umzudrehen, oder, um auch diesen Fall zu umfassen, ist unserer Ungleichung noch der Factor $\operatorname{sgn}[g(b) - g(a)]$ beizufügen; und ähnlich ist, um auch noch die mögliche Umkehr des Charakters von $f(x)$ und $F(x)$ zu berücksichtigen, der Factor $\operatorname{sgn}[f(b) - f(a)]$ hinzuzufügen, unter Berücksichtigung davon, dass

$$\text{XXXVIII)}\quad \operatorname{sgn}[f(b) - f(a)] = \operatorname{sgn}[F(b) - F(a)]$$

ist. Letzteres erhellt daraus, dass nur folgende zwei Möglichkeiten gegeben sind:

$$\text{XXXIX)}\qquad \begin{array}{ll} F(b) \geqq f(b) > f(a) \geqq F(a) & \text{oder} \\ F(b) \leqq f(b) < f(a) \leqq F(a). & \end{array}$$

49. Also schliesslich gilt, mittels einer früher (XVI) schon eingeführten Abkürzung geschrieben:

$$\text{XL)}\qquad \operatorname{sgn} p \int_a^b F(x)\, g(x)\, dx > \operatorname{sgn} p \int_a^b f(x)\, g(x)\, dx$$

eine Ungleichung, die sich der Ungleichung XXII), die wir ergänzen wollen, vorne anschliessen lässt, und aus der nun jeder sich selbst die weitere

$$\text{XLI)}\quad \operatorname{sgn} p \int_a^b f(a+b-x)\, g(x)\, dx > \operatorname{sgn} p \int_a^b F(a+b-x)\, g(x)\, dx$$

ableiten mag, die sich an die nemliche Ungleichung hinten anschliessen lässt.

Vollständig angeschrieben hat dann unser Satz die Gestalt:

$$\text{XLII)}\qquad \begin{aligned} &\operatorname{sgn} p \int_a^b F(x)\, g(x)\, dx > \operatorname{sgn} p \int_a^b f(x)\, g(x)\, dx \\ &\geqq \frac{\operatorname{sgn} p}{b-a} \int_a^b f(x) \int_a^b g(x)\, dx \\ &\geqq \operatorname{sgn} p \int_a^b f(a+b-x)\, g(x)\, dx \\ &> \operatorname{sgn} p \int_a^b F(a+b-x)\, g(x)\, dx. \end{aligned}$$

50. Es seien hier, um von dem Charakter der Kurven $y = f(x)$ und $y = F(x)$ keine zu engbegrenzte Vorstellung aufkommen zu lassen, in Fig. 4 — 11 eine Anzahl Beispielsformen in Zeichnung vorgeführt. Die dünnere Linie repräsentirt immer $f(x)$, die dickere $F(x)$. Die Figuren dürften natürlich statt rechts auch anders gegen die Ordinatenaxe liegen.

Fig. 4

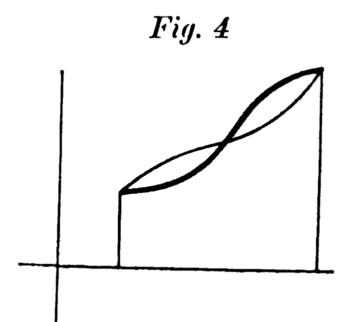


Fig. 5

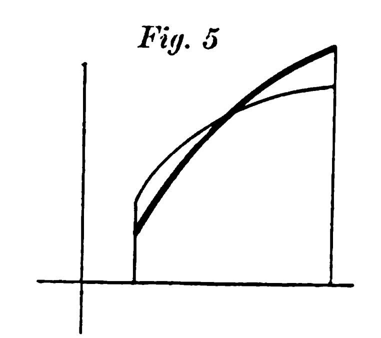


Fig. 6

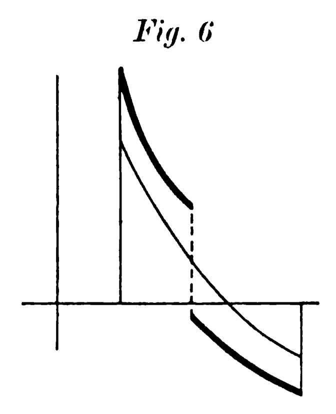


Fig. 7

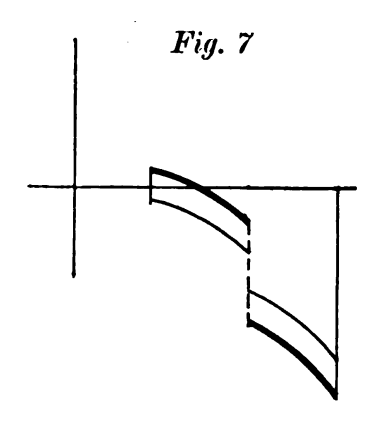


Fig. 8

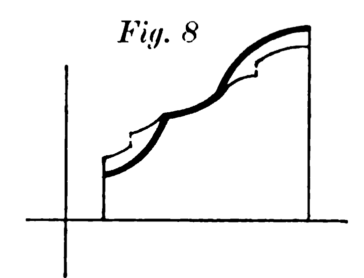
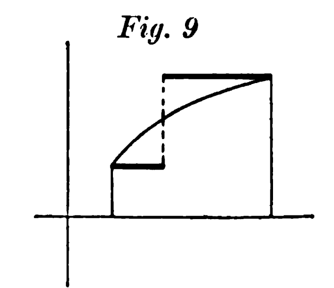
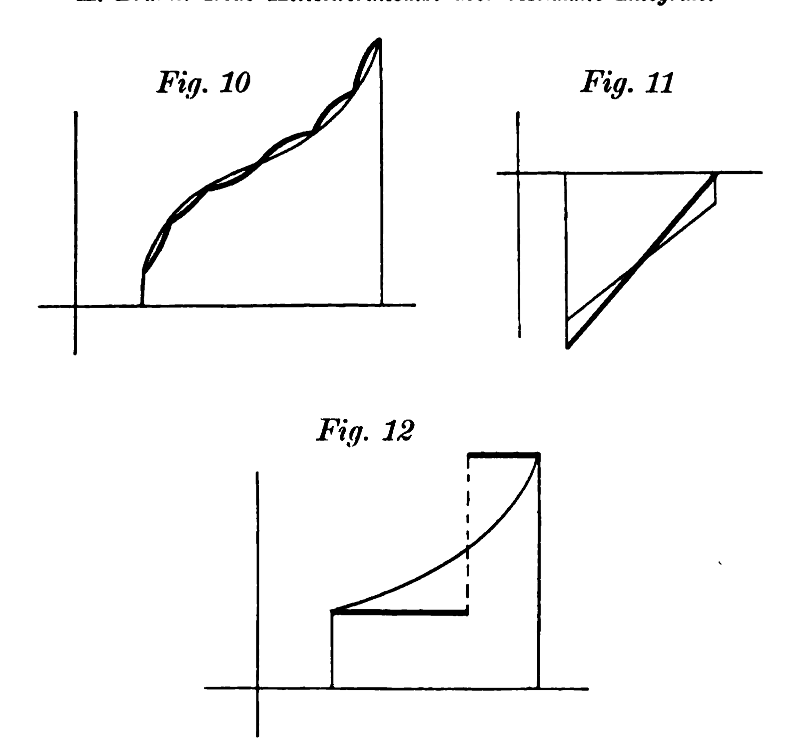


Fig. 9





51. Man kann nun versuchen, an Stelle von $F(x)$ besonders primitive Funktionen zu setzen. Z. B. man kann $F(x)$ auf der einen Seite von ξ constant gleich $F(a)$, auf der andern constant gleich $F(b)$ sein lassen[1]) (s. Fig. 12). Die Forderung XXXII) lautet dann geometrisch eingekleidet: Das Rechteck mit Grundlinie $\xi - a$ und Höhe a und das Rechteck mit Grundlinie $b - \xi$ und Höhe b müssen zusammen genommen den nemlichen Inhalt haben, wie das von der Kurve $y = f(x)$ und durch seitliche Ordinaten begrenzte Flächenstück mit der Grundlinie $b - a$.

[1]) Für den Fall, dass $f(x)$ im Intervall das Vorzeichen nicht wechselt, lässt sich auch die zu besonders einfachen Formeln führende Annahme machen, dass $F'(x)$ auf der einen Seite von ξ constant gleich Null, auf der andern etwa gleich dem äussersten Werthe von $f(x)$ sei.

52. Dass stets ein ξ zwischen a und b vorhanden ist, welches unseren Anforderungen genügt, ergibt sich leicht. Denn für eine monotone Funktion $f(x)$, $a < b$, $f(a) < f(b)$ gilt offenbar:

$$\text{XLIII)} \qquad f(a)(b-a) < \int_a^b f(x)\,dx < f(b)(b-a)$$

allgemeiner, wenn man

$$\text{XLIV)} \qquad \operatorname{sgn}\{[f(b)-f(a)][b-a]\} = \operatorname{sgn} q' \text{ setzt:}$$

$$\operatorname{sgn} q' \cdot f(a)(b-a) < \operatorname{sgn} q' \cdot \int_a^b f(x)\,dx < \operatorname{sgn} q' f(b)(b-a)$$

d. h. $\int_a^b f(x)\,dx$ liegt unter allen Umständen zwischen $f(a)(b-a)$ und $f(b)(b-a)$, sofern nicht in Folge von $f(a) = f(b)$ oder $a = b$ alle drei Glieder gleiche Werthe bekommen.

53. Das Integral lässt sich daher — auch im Fall des erwähnten Gleichwerdens — stets mittels positiver echter Brüche $\varkappa$ und λ, deren Summe gleich 1 ist, auf die Form bringen

$$\text{XLV)} \quad J = \int_a^b f(x)\,dx = f(a)(b-a)\cdot\lambda + f(b)(b-a)\cdot\varkappa,$$
$$(\lambda + \varkappa = 1)$$

oder mit Zuhilfenahme eines zwischen a und b liegenden Werthes ξ, der

$$\xi - a = (b-a)\lambda, \qquad b - \xi = (b-a)\varkappa$$

macht, auf die Form:

$$\text{XLVI)} \quad J = \int_a^b f(x)\,dx = f(a)(\xi - a) + f(b)(b-\xi)$$

Aus XLVI) folgt

$$\text{XLVII)} \qquad \xi = \frac{[f(b)b - f(a)a] - J}{f(b) - f(a)}$$

als vollständig bekannter Werth, wenn $J = \int_a^b f(x)\,dx$ bekannt ist.

54. Offenbar befriedigt das System der beiden geraden Strecken

$$\text{XLVIII)}\quad \begin{aligned} F(x) &= f(a) = y, \quad (a \leqq x < \xi) \\ F(x) &= f(b) = y, \quad (\xi \lesseqgtr x \leqq b) \end{aligned}$$

vollkommen die an eine Funktion $F(x)$ zu stellenden Anforderungen.

Es gilt daher:

$$\text{IL)}\quad \begin{aligned} &\operatorname{sgn} p \int_a^\xi f(a)\, g(x)\, dx + \operatorname{sgn} p \int_\xi^b f(b)\, g(x)\, dx \\ &\qquad > \operatorname{sgn} p \int_a^b f(x)\, g(x)\, dx \end{aligned}$$

oder schliesslich, wenn alle nun erwiesenen Ungleichungen und eine letzte leicht zu erweisende, hinten sich anschliessende in eine Reihe gestellt werden:

$$\text{L)}\quad \begin{aligned} &\operatorname{sgn} p \left[f(a) \int_a^\xi g(x)\, dx + f(b) \int_\xi^b g(x)\, dx \right] > \operatorname{sgn} p \int_a^b f(x)\, g(x)\, dx \\ &\geqq \frac{\operatorname{sgn} p}{b-a} \int_a^b f(x) \int_a^b g(x)\, dx \geqq \operatorname{sgn} p \int_a^b f(a+b-x)\, g(x)\, dx \\ &\qquad > \operatorname{sgn} p \left[f(b) \int_a^{a+b-\xi} g(x)\, dx + f(a) \int_{a+b-\xi}^b g(x)\, dx \right], \end{aligned}$$

wobei also $f(x)$, $g(x)$ eindeutig, endlich und monoton im Intervall a bis b sind, und

$$p = [f(b) - f(a)]\, [g(b) - g(a)]\, [b - a]$$

$$\xi = -\frac{\int_a^b f(x)\, dx - [f(b)\, b - f(a)\, a]}{f(b) - f(a)} = a + \frac{f(b)(b-a) - \int_a^b f(x)\, dx}{f(b) - f(a)}$$

zu setzen ist.

55. Schlussbemerkungen. Wenn F, f und g „Stufenfunktionen" werden (in der Art, wie F in 51. eine „zweistufige" Funktion wurde), so verwandeln sich unsere Ungleich-

ungen XLII) in die integralfreie Form: $\operatorname{sgn} p \cdot \sum_0^{n-1} F_i \cdot g_i \varDelta x_i \geqq \operatorname{sgn} p \cdot \sum_0^{n-1} f_i g_i \varDelta x_i$ etc.,[1]) für den Fall constanter $\varDelta x_i$ in: $\operatorname{sgn} q \, \Sigma F_i g_i \geqq \operatorname{sgn} q \, \Sigma f_i g_i$ etc.[2]) ($\Sigma F_i = \Sigma f_i$; die F_i und f_i monotone Grössenreihen, die Reihe $F_i - f_i$ nur einen Zeichenwechsel enthaltend etc.). Diese Summenformel entsteht hier sozusagen als die Tochter der Integralformel; sie lässt sich aber auch ohne den Umweg übers Integral beweisen und tritt dann als Schwester ihr zur Seite; ja man könnte sie sogar als die Mutter der Integralformel betrachten. (Vgl. A. Pringsheim in diesen Berichten Bd. 30, S. 212.) Unser Beweis in 52. bleibt — was eine Art Güteprobe für ihn darstellt, — auch für die Summenformel anwendbar, wenn in ihm ebenfalls alles integralische ins summarische verwandelt wird.

56. Da die am häufigsten vorkommenden Funktionen sich in Intervalle monotonen Charakters zerlegen lassen, so werden mannichfaltige Anwendungen unsrer Sätze sich ergeben. Eine Menge auch von integralfreien Ungleichheiten zwischen bekannteren Funktionen werden sich mit Leichtigkeit ableiten lassen, welche auf anderem Wege kaum immer so rasch und bequem gefunden werden. Man kann die Factoren $f(x)$, $g(x)$ einander gleich oder gleich Potenzen der nemlichen Function setzen, es lassen sich gewisse Resultate auf Produkte von mehr als zwei Faktoren verallgemeinern, und durch wiederholte Anwendung der Sätze Näherungsformeln für $\int_a^b f(x)\, g(x)\, d\, x$ geben mit Hilfe von Integralen über die einzelnen Faktoren etc. Die Bedingung der Endlichkeit der Funktionen wird bis zu einem gewissen Grade fallen gelassen werden können.

---

[1]) Unter $x_0, x_1, \ldots x_n$ sind verstanden die der Grösse nach in eine Reihe geordneten drei Reihen von Stufenendenabscissen $\Phi_0, \Phi_1 \ldots \Phi_\lambda$; $\varphi_0, \varphi_1 \ldots \varphi_\mu$; $\gamma_0, \gamma_1 \ldots \gamma_\nu$ von F, f, g resp. und zwar in steigender oder fallender Anordnung, je nachdem $x_0 \equiv a$ kleiner oder grösser als $x_n \equiv b$ ist.

[2]) Ueber q vergl. 23.

Sitzungsberichte

der

königl. bayer. Akademie der Wissenschaften.

Mathematisch-physikalische Classe.

Sitzung vom 3. Mai 1902.

Sitzungsberichte

der

königl. bayer. Akademie der Wissenschaften.

Mathematisch-physikalische Classe.

Sitzung vom 3. Mai 1902.

Herr Hermann Ebert legt eine Abhandlung des Privatdozenten an der technischen Hochschule Dr. Karl T. Fischer und des Assistenten der technischen Hochschule Heinrich Alt über: „Siedepunkt, Gefrierpunkt und Dampfspannung des reinen Stickstoffs bei niedrigen Drucken“ vor.

Siedepunkt, Gefrierpunkt und Dampfspannung des reinen Stickstoffs bei niedrigen Drucken.

Von **K. T. Fischer** und **H. Alt.**

(Eingelaufen 6. Juni.)

(Mit Taf. I u. II.)

1. Magnetische bezw. kalorische Untersuchungen bei tiefen Temperaturen veranlassten uns, ein Verfahren zur Herstellung grösserer Mengen (einige Hundert ccm) reinen verflüssigten Stickstoffs auszuarbeiten. Nachdem jedoch bereits die ersten Proben, welche wir zur Prüfung ihrer Reinheit zum Erstarren brachten, zeigten, dass der Siedepunkt und Erstarrungspunkt des reinen flüssigen Stickstoffs sehr bestimmt definierte Aichpunkte für Tief-Temperatur-

messungen liefern und Erstarrungsdruck und -Temperatur nicht unwesentlich von den von Olszewski[1]) und Wroblewski[2]) ermittelten Werten abweichen (anderweitige Bestimmungen des Erstarrungspunktes von Stickstoff scheinen nicht gemacht worden zu sein), führten wir eine Neubestimmung der letzteren beiden Konstanten aus und stellten bei dieser Gelegenheit auch die Dampfspannungskurve gesättigten Stickstoffs für Drucke zwischen einer Atmosphäre und dem der Erstarrungstemperatur entsprechenden Dampfdrucke fest. Da gerade die schwer verflüssigbaren Gase in theoretischer Hinsicht ein besonderes Interesse bieten, wollen wir im folgenden Aufsatze nicht nur über die unmittelbaren Versuche berichten, sondern auch einige mehr theoretische Betrachtungen an dieselben anschliessen.

2. Zur Herstellung des reinen gasförmigen Stickstoffs verwendeten wir eine von Herrn Prof. Muthmann erprobte Reinigungsmethode: In der 5 Literflasche A wurden in 3 Liter Wasser 600 g technisch reiner Salmiak und 300 g Kaliumbichromat unter Erwärmen aufgelöst und nachdem die Lösung bis zum Kochen erhitzt war, aus dem Tropftrichter B, dessen Tropfröhre genügend lang ist, um den Druck in den Waschflaschen zu überwinden, Natriumnitrit (technisch rein, 600 g in 800 ccm Wasser) zugeführt. Der sich entwickelnde Stickstoff wurde nach dem Passieren einer Vorlegeflasche C durch eine grosse Flasche D, die mit einer Lösung von Eisenvitriol, mit Krystallen im Ueberschuss, gefüllt war, in die 22 und 26 Liter fassenden Gasometer E und F geleitet. Aus den genannten Materialmengen können bis zu 200 l gasförmigen Stickstoffs erhalten werden; um jedoch ohne Unterbrechung der Entwickelung grössere Mengen zu gewinnen, führten wir durch den Gummistopfen der Flasche A noch 2 Glasröhren ein,

---

[1]) K. Olszewski, Compt. Rend. 99, p. 133—136, 1884 und 100. p. 350—352, 1885, Phil. Mag. V 39, p. 200 und 210, 1895, referiert in Fortschr. d. Phys. 41, 2, S. 455, 1885 u. Wied. Beiblätter 9, S. 247, 1885.

[2]) S. Wroblewski, Wiener Akademieberichte 90, 1885; Landolt und Börnstein, physikalisch-chemische Tabellen S. 126, 1894.

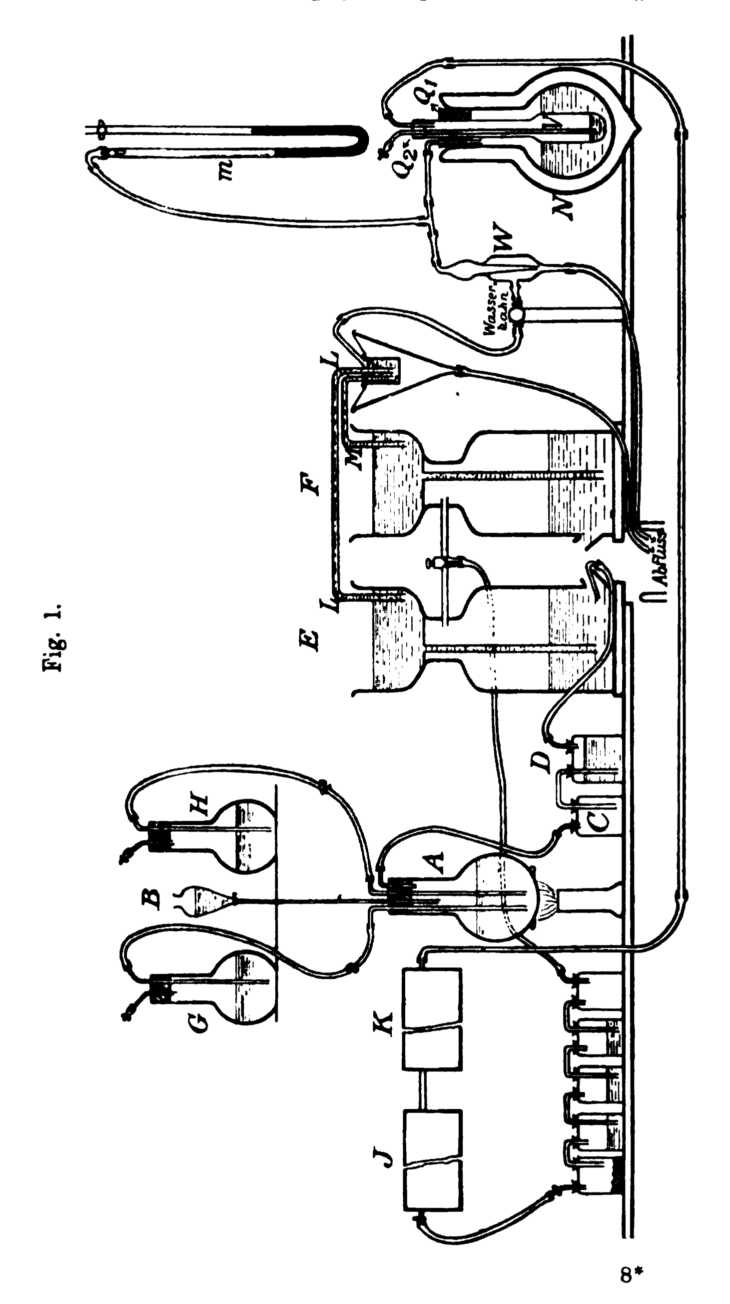


Fig. 1.

die mit den Vorratsflaschen G und H in Verbindung stehen. Nachdem zur erstmaligen Füllung von A die entsprechende Menge Natriumnitrit zugeführt ist, werden ca. 1 1/2 l der verbrauchten Lösung in die eine der Flaschen G und H abgelassen und dafür aus der anderen 1 1/2 l frische Lösung zugeführt. Ist dieselbe gut vorgewärmt, so hält auch während des Zuströmens in den grösseren Ballon die Gasentwickelung an. Die Reinigung des Stickstoffgases erfolgt erst unmittelbar vor der Verwendung desselben, und zwar wird zu diesem Zweck der Stickstoff aus dem einen der Gasometer entnommen, während der andere aus dem Entwicklungsapparat frisch gefüllt wird. Es wird der Stickstoff durch 3 Trockenflaschen mit reiner konzentrierter Schwefelsäure und durch eine weitere Flasche mit Phosphorpentoxyd in die Verbrennungsröhren J und K geleitet, deren jede in der ersten Hälfte mit Kupfer in der zweiten mit Klavierstahldrahtstückchen gefüllt ist, und welche beide vor jedem Versuch unter Erhitzen bis zu heller Rotglut mit gereinigtem Wasserstoff einige Stunden lang reduziert worden sind. Jede der Verbrennungsröhren ist 1 m lang und hat 12 mm lichten Querschnitt; das zweite Verbrennungsrohr zeigte sich in der Regel fast gar nicht angegriffen; namentlich blieb das Kupfer sehr rein, während manchmal das Eisen auf 1—3 cm Länge auch in der zweiten Röhre angegriffen war. Aus K wird der gereinigte Stickstoff durch eine Glasröhre und über Phosphorpentoxyd (bei den ersten Versuchen war noch eine Flasche mit pyrogallsaurem Kali zwischen Glasröhre und dem P_2O_5 eingeschaltet) dem Verflüssigungsapparat V zugeführt. Um den Zufluss des Wasserleitungswassers, das für die Gasometer verwendet wurde, automatisch zu regulieren, brachten wir die Heberverbindung LM an. Das Niveau in den Gasometeraufsätzen wird durch die Höhe des in einen Trichter eingehängten Becherglases, welches von der Wasserleitung gespeist wird, geregelt.

3. Zur Verflüssigung wird der Stickstoff in das unten auf 4 cm Durchmesser erweiterte ca. 130 ccm fassende Rohr V eingeleitet, welches mittelst eines weichen Gummi-

stopfens Q_1 in die $2^1/_2$ l haltende Dewarflasche N eingesetzt ist; lässt man in dieser mit Hilfe einer Wasserluftpumpe W unter vermindertem Druck flüssige Luft verdampfen, so kühlt sie sich genügend stark ab, um den in V einströmenden Stickstoff zu kondensieren. Ist die Dewarflasche mit frisch hergestellter Luft beschickt, so genügt bereits ein Druck von 400—250 mm, um eine kräftige Kondensation in V herbeizuführen; wenn die Luft infolge der Verdampfung bereits einen grösseren Betrag ihres Stickstoffes, der bekanntlich zuerst abdestilliert, verloren hat, muss der Druck bis auf 150 oder sogar 70 mm reduziert werden. Da die Dichte des flüssigen Stickstoffes 0,791 g/ccm beträgt,[1]) lassen sich ungefähr 3—4 Gasometerfüllungen in V kondensieren. Um V zu entleeren, ist in V mittelst des luftdicht aufgesetzten Gummistopfens Q_2 eine sehr dünnwandige ca. 5 mm weite Glasröhre eingeführt, welche bis auf den Boden reicht, und während der Kondensation oben durch einen dünnen Gummischlauch mit Quetschhahn verschlossen ist; hebt man nach Abstellung der Wasserluftpumpe und Herstellung von atmosphärischem Druck in N das Kondensationsgefäss V aus der Dewarflasche heraus, indem der auch während der Kondensation ziemlich weich bleibende Gummistopfen Q_1 gelüftet und gehoben wird, so wird durch den bei der Erwärmung von V entstehenden Ueberdruck der flüssige Stickstoff aus V ausgetrieben; er wird sofort in ein versilbertes $^1/_4$ l haltendes Dewargefäss (von Glasbläser R. Ebermayer in München, Schillerstrasse, hergestellt) eingefüllt, und dies dann mit einem Gummistopfen hermetisch verschlossen. Der in demselben sich entwickelnde Stickstoffdampf wird mittels Gummischlauches in den gerade in Füllung befindlichen Gasometer zurückgeleitet, damit er nicht verloren geht. Wir haben auf verschiedene Weise versucht, den flüssigen Stickstoff aus dem Gefäss V zu entnehmen, namentlich versuchten wir, durch Einpressen von Stickstoffgas oder durch eine in V eingeführte elektrisch zu erhitzende Spirale

---

[1]) Travers, Experim. Study of Gases, London 1901, S. 247.

den nötigen Ueberdruck zu erzielen; wir hielten es aber schliesslich für das bequemste, das ganze Gefäss V sammt den Gummistopfen aus der Dewarflasche herauszuheben, um den verflüssigten Stickstoff abzuzapfen. Wenn man den Gummistopfen etwas mit Glycerin einfettet, ist es nicht schwierig, ihn zu lösen; der Zeitverlust, der dadurch entsteht, beträgt nur wenige Minuten. Mit Verwendung zweier parallel geschalteter Wasserluftpumpen, welche einen Raum von 9 l in einer Minute auf 250 mm, in 7 Minuten auf 20 mm leer pumpten, waren wir imstande, in 1 ¹/₄ Stunden den für 100 ccm Flüssigkeit nötigen Stickstoff zu entwickeln und zu kondensieren. Trotz der grossen Geschwindigkeit, mit welcher in diesem Falle das Gas durch die Waschflaschen und die Verbrennungsöfen circulierte, war es genügend trocken und frei von Sauerstoff. Eine von Zeit zu Zeit gemachte Gasanalyse auf Sauerstoff, welche wir mit Hilfe der Hempel'schen Absorptionspipette mit Kupfer in ammoniakalischer Lösung vornahmen, zeigte jedenfalls nur Sauerstoffgehalt von weniger als 0,2 % an. Ausserdem spricht für die Reinheit des erhaltenen Kondensationsproduktes die Konstanz des Siedepunktes der wasserklaren Stickstoffflüssigkeit, die auch vor den Spektralapparat gebracht im sichtbaren Teil des Spektrums keine besonders bemerkenswerten Absorptionsstreifen zeigte; selbst ganz geringe Beimengungen von Sauerstoff machten sich sofort in der Erhöhung des Siedepunktes des Stickstoffes bemerkbar, wie wir bei allen Versuchen konstatieren konnten.

4. Alle Temperaturmessungen wurden anfänglich mit selbst angefertigten Thermoelementen aus Kupfer und Konstantandraht[1]) von 0,5 mm Dicke ausgeführt, die in der Stichflamme mit Silber gelötet waren; nachdem sich gezeigt hatte, dass bei der grossen Reihe von Versuchen (es wurden über 10 einzelne Bestimmungen mit mindestens durchschnittlich

---

[1]) Bezogen von der Firma Siemens und Halske, von der wir auch vor einem Jahre ein von der phys. techn. Reichsanstalt geaichtes Thermoelement aus gleichem Material erhalten hatten.

40—150 ccm flüssigem Stickstoff gemacht) der Siedepunkt und Gefrierpunkt konstant blieb, nahmen wir für die Bestimmung des Siedepunktes und Erstarrungspunktes Messungen mit dem Wasserstoffthermometer vor. Die Verwendbarkeit des Wasserstoffthermometers für diese niedrigen Temperaturen ist bereits von K. Olszewski[1]) und neuerdings von J. Dewar[2]) durch Vergleich der Angaben von Wasserstoff-, Sauerstoff- und Helium-Thermometern für den Siedepunkt des Wasserstoffes —252,5° oder 20,5° der absoluten Temperatur erwiesen worden. Namentlich wenn sich Wasserstoff bei der Messung von tiefen Temperaturen unter geringem Druck befindet, dürfte gegen seine Verwendung für Temperaturen, die oberhalb seines Kondensationspunktes liegen, nichts einzuwenden sein. Das Wasserstoffthermometer war ein Thermometer für konstantes Volum von der Jolly'schen Form; für die Messung tiefer Temperaturen verdient dieses Gasthermometer vor dem Gasthermometer für konstanten Druck den Vorzug, da nach der van der Waals'schen Gleichung der Spannungscoefficient bei gleicher Dichte von der Temperatur unabhängig ist, wenn auch sonst das Callendar'sche[3]) kompensierte Gasthermometer für konstanten Druck seine Vorteile haben mag. Die Ablesung erfolgte mittelst eines Kathetometers an einem unmittelbar neben dem Thermometer aufgehängten Normalmassstab aus Messing von Breithaupt in Kassel. Der Massstab war mit einer von der physikalisch-technischen Reichsanstalt beglaubigten Normale verglichen worden. Neben dem Thermometer befand sich auch das Barometer, ein neues Balloninstrument von Fuess in Berlin; die Ablesung erfolgte auf $^1/_{10}$, manchmal $^1/_{20}$ mm genau. Es wurden 2 Thermometer (I und II) hergestellt, die aus Jenenser Glas 16 III von Bender & Hobein in München verfertigt waren. Ihre Gefässe hielten 12,90 bezw. 15,37 ccm bei 0°, die Röhren, in denen der Meniskus

[1]) K. Olszewski, Sitzungsberichte der Krakauer Akad. d. Wiss. 14, p. 283—288, 1886.

[2]) J. Dewar, Proceed. of the Royal Society vol. 68 p. 64—54, 1901.

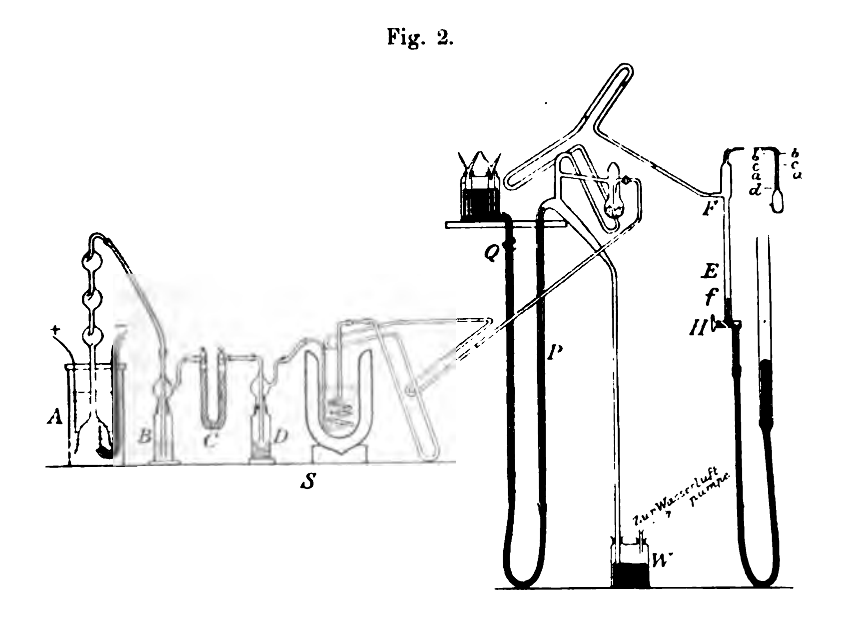
[3]) H. L. Callendar, Proc. Roy. Soc. 50, S. 247, 1891.

stand, hatten 10 mm lichte Weite. Die Verbindung des Gefässes mit dem Manometer vermittelte eine Kapillare von 301 bezw. 373 mm Länge und 0,6 mm Durchmesser. Es war dies eine für den raschen Ausgleich des Druckes hinreichende Weite: ein Vorversuch hatte uns gezeigt, dass sich durch eine solche Kapillare von 300 mm Länge bei Luftfüllung der Druck in 10 Sekunden vollständig ausgleicht. Der schädliche Raum über dem Meniskus wurde so klein gewählt, als es mit Rücksicht auf die ungestörte Ausbildung des Meniskus möglich erschien. Die Einstellung des Meniskus erfolgte auf die Spitze eines Dorns aus dunklem Glase. Der schädliche Raum dieser Erweiterung betrug nur 0,118 bezw. 0,131 ccm, der Inhalt der Kapillaren 0,113 bezw. 0,159 ccm. Sämmtliche Volumina wurden mit Quecksilber sorgfältig ausgewogen. Eine von aussen auf das Thermometergefäss I ausgeübte Compression von 700 mm Hg bewirkte nur eine Volumveränderung von weniger als $^1/_{15000}$ und blieb daher im folgenden ausser Betracht. Ueber die Verwendung des schädlichen Raumes zur Korrektur s. u. Die Füllung der Thermometer erfolgte mit elektrolytisch erzeugtem Wasserstoff. Derselbe wurde in dem Apparate *A* bei einer Stromdichte von ca. 0,02 Ampère pro qcm erzeugt. Durch einen Gummischlauch wurde er zu der mit pyrogallussaurem Kali gefüllten Flasche *B* geleitet. Von hier an bestanden alle Verbindungen aus Glasröhren und Glasfedern, die mit Siegellack luftdicht in die Waschflaschen eingekittet waren.[1]) Auf die erste Waschflasche folgte eine U-Röhre *C* mit Chlorcalcium, eine Flasche mit Phosphorpentoxyd *D* und endlich eine Glasspirale *S*, die in eine mit flüssiger Luft gefüllte Dewar'schen Flasche gehängt werden konnte, sodass jede Feuchtigkeit aus dem durchströmenden Gase ausgefroren, bezw. leichter kondensierbare Gase abgeschieden wurden. Nach nochmaligem Passieren eines an der Sprengelpumpe *P* angebrachten Trockengefässes mit Phosphorpentoxyd gelangte das Gas in das mit Hilfe des Füllröhr-

[1]) Holborn und Wien. Wied. Ann. 59. 213, 1896.

chens F an die Pumpe angeschmolzene Thermometer. Es wurde das erste Thermometer dreimal, das zweite fünfmal mit sämmtlichen Trockengefässen bis zur Flasche B bis zum metallischen Anschlag des Quecksilbers leer gepumpt und jedesmal nach dem Evakuieren mit Wasserstoff durchgespült. Um die an der Wand des Gefässes adsorbierten Gase sicherer auszutreiben, waren in dasselbe vor dem Anschlusse an die Pumpe ca. 15 g Quecksilber eingebracht worden, die nach dem

Fig. 2.



erstmaligen Evakuieren durch die Kapillare hindurch unter kräftiger Erwärmung herausdestilliert wurden. Ausserdem wurde auch die ganze Röhre E stark erwärmt. Um die Wirkung der Sprengelpumpe zu erhöhen und namentlich das Hängenbleiben von kleinen Luftbläschen am Fallrohr zu verhindern, war die Wulff'sche Flasche W an eine Wasserluftpumpe angeschlossen. Das Gas strömte langsam (im Verlauf einer Stunde und länger) in das Thermometer; dabei war

das letztere bis zur Stelle f mit Quecksilber gefüllt. Nach der letzten Füllung wurde dann bei F abgeschmolzen. Die Füllung war so bemessen, dass die Thermometer bei 0° einen Druck von 974 mm bezw. 955 mm zeigten. Die Länge des Rohres E war so gewählt, dass der Hahn H auch bei der tiefsten gemessenen Temperatur noch unter Ueberdruck stand. Um die Unsicherheit, die der schädliche Raum mit sich bringt, möglichst zu verkleinern, erfolgte die Berechnung desselben unter den folgenden Voraussetzungen: Das Thermometergefäss befinde sich bis zum Strich aa in der zu messenden Substanz. Von dem Strich bb an befinde es sich in Luft. Für die Strecke $aa—bb$ wurde dann eine mittlere Temperatur zwischen der der Luft und der zu messenden Substanz angenommen, oder was dasselbe ist, es wurde die Hälfte von $aa—bb$, nämlich $aa—cc$ zu dem Thermometergefäss, $bb—cc$ zum schädlichen Raume gerechnet. Es ergaben sich dabei folgende Verhältnisse:

	Eispunkt	Siedepunkt des N_2	Schmelzpunkt des N_2
Thermometer I	$cd = 95$ mm	$cd = 95$ mm	$cd = 85$ mm
" II	$cd = 90$ "	$cd = 90$ "	$cd = 80$ "

Beachtet man in der von Kohlrausch in seinem Lehrbuche S. 153 angegebenen Formel:

$$H_0\left(v + \frac{v'}{1 + a t'}\right) = H\left(\frac{v \cdot (1 + \gamma t)}{1 + a t} + \frac{v'}{1 + a t'}\right),$$

dass sich das Verhältnis der Volumina v — des Gefässes und v' — des schädlichen Raumes gemäss obiger Voraussetzung ändert, dass ferner der schädliche Raum zur Zeit der Bestimmung des Druckes H_0 (Eispunkt) eine andere Temperatur hatte als zur Zeit der Beobachtung, so ergibt sich folgende Gleichung:

$$H_0\left(v_1 + \frac{v_1'}{1 + a t_1'}\right) = H\left(\frac{v_2 (1 + \gamma t)}{1 + a t} + \frac{v_2'}{1 + a t_2'}\right).$$

Dabei ist

v_1 = Volum des Gefässes für den Eispunkt, v_2 = " " " " " Punkt t } bei d. Temp. 0°,

(wobei sich v_2 nur durch die andere Länge des zum Gefäss zu rechnenden Kapillarenstückes von v_1 unterscheidet, ohne Rücksicht auf die Wärmeausdehnung).

v_1' = Volum des schädlichen Raumes beim Eispunkt, v_2' = " " " " " Punkt t } bei d. Zimmertemp.

$k_1 = \frac{v_1'}{v_1}$ $\quad k_2 = \frac{v_2'}{v_2}$,

t_1' = Temperatur des schädlichen Raumes beim Eispunkt,

t_2' = " " " " " Punkt t,

H_0 = Druck beim Eispunkt,

H = " " Punkt t,

α = Spannungscoefficient des Wasserstoffs (= 0.0036625 [1]) Dewar Proc. Roy. Soc. 68, p. 47, 1901,

γ = der Ausdehnungscoefficient d. Glases (= 0.0000219) zwischen 0 und —180° Baly, Phil. Mag. V, 49, S. 518, 1900.

Zur Berechnung kann man die obige Gleichung umformen in:

$$\frac{H_0}{H} \cdot \frac{v_1}{v_2}\left(1 + \frac{k_1}{1 + \alpha t_1'}\right) - \frac{k_2}{1 + \alpha t_2'} = \frac{1 + \gamma t}{1 + \alpha t} = n$$

und

$$t = \frac{1 - n}{n\alpha - \gamma} = \frac{1}{n} \cdot \frac{1 - n}{\alpha - \frac{\gamma}{n}},$$

Gleichungen, die zur praktischen Berechnung bequemer sind. Die Verhältnisse k_1 und k_2 waren bei unseren Thermometern

k_1	k_2
Eis- bezw. Siedepunkt der Substanz	Schmelzpunkt der Substanz
Für Thermometer I 0.01510	0.01537
" " II 0.01637	0.01663

[1]) D. i. der Wert, den Chappuis bei seiner eingehenden Untersuchung des Constant-Volumthermometers ermittelte (Trav. et Mem. du Bureau Internat. Tom. VI. S. 53, 1888).

Setzt man in den von Kohlrausch l. c. angegebenen Formeln zur Berechnung der Fehler unsere Konstanten ein, so erhält man als Fehler in der Temperaturbestimmung bei — 200° die Fehler.

Unsicherheit	Fehler in Graden Cels.
$\Delta H = 0.1$ mm	0.03
$\Delta H_0 = 0.1$ „	0.02
$\Delta a = 0.0_6 5$ mm	0.025
$\Delta \gamma = 0.0_5 2$ „	0.06

($\Delta \gamma$ = Differenz zwischen 0.000024 nach Holborn u. Wien l. c.)
und 0.000022 „ Baly l. c.

$\Delta k = 0.0003$	0.044

entsprechend 1 cm Unsicherheit in der Länge der Kapillaren

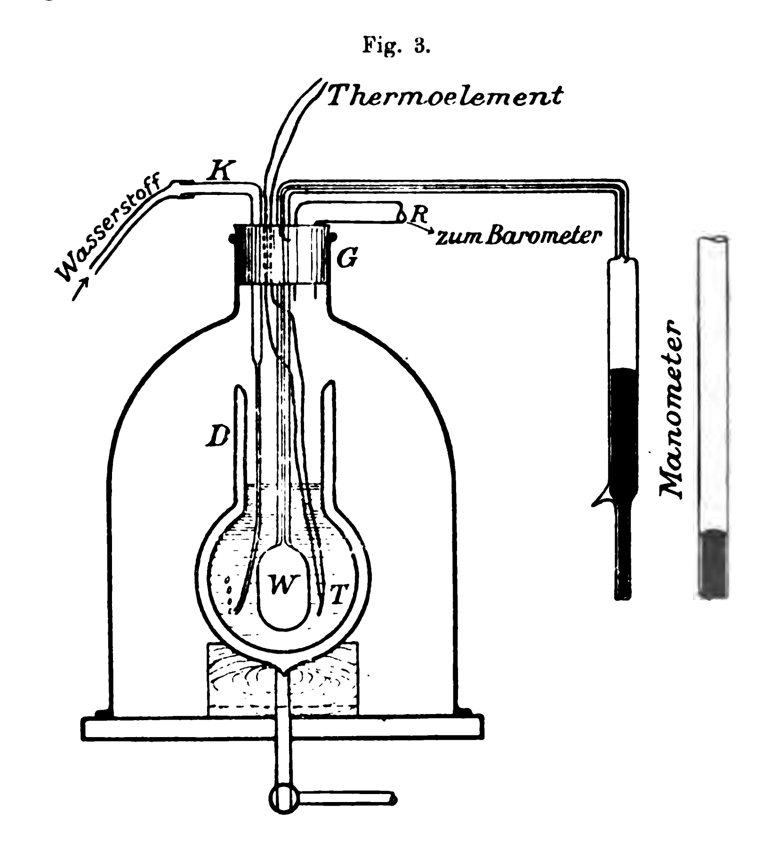
$\Delta t' = 1^0$	0.01.

Dabei sind alle Unsicherheiten mit Ausnahme von ΔH und ΔH_0 extrem hoch angenommen. Es wird sich also in Wirklichkeit kaum ein Fehler $> 0{,}1^0$ ergeben. In der That zeigen die Angaben des Wasserstoffthermometers und des Thermoelementes auf der beigegebenen Kurve eine weit grössere Uebereinstimmung. Thermometer I brach schon bei der 4. Bestimmung infolge des auf die Kapillare durch den Gummistopfen, der die Einführung in einen Recipienten vermittelte, ausgeübten Biegungsdruckes. Von da ab wurde Thermometer II verwandt. Der Nullpunkt wurde öfters kontrolliert und blieb innerhalb der Ablesegenauigkeit konstant.

5. Zur Bestimmung des Siede- und Gefrierpunktes des Stickstoffs wurde ein kugeliges unversilbertes Dewarfläschchen von 153 ccm Inhalt, bezw. ein zylindrisches von 4 cm innerer Weite und 12 cm Höhe (102 ccm Inhalt) verwendet. Es stand dasselbe unter einem grossen Luftpumpenrecipienten, dessen oberer Tubus genügend weit war, um das Wasserstoffthermometer W, das an einem längs Holzstatif gleitenden Schlitten befestigt war, einsenken zu können. Um luftdichten Abschluss zu erhalten, wurde ein Gummistopfen G erst mit einer für die Thermometerkapillare passenden Bohrung versehen, glatt in der Mitte auseinander geschnitten, und dann

zum Abschluss des Recipiententubus verwendet. Auch bei den Bestimmungen des Siedepunktes wurde sorgfältig darauf geachtet, dass der flüssige Stickstoff so rasch wie möglich unter den Recipienten gebracht und gegen die atmosphärische Luft abgeschlossen wurde, damit der Sauerstoff der atmosphärischen

Fig. 3.



Luft, der sehr rasch in den flüssigen Stickstoff hineinkondensiert, den Stickstoff nicht verunreinigen konnte. Jede solche Verunreinigung macht sich in der Erhöhung der Siedetemperatur bemerkbar. Für die Bestimmung der Siedepunkte bei niedrigem Druck bot die in der Figur angegebene Aufstellung des Dewar'fläschchens unter einem

Recipienten den Vorteil, dass die entweichenden Stickstoffdämpfe, welche ganz in der Nähe des Fläschchens nach der Bodenöffnung des letzteren hinströmen, zur Kühlung der Umgebung des Fläschchens ausgenützt werden konnten. Namentlich bei künstlicher Beleuchtung konnte man deutlich die nur etwa 1 cm dicke Schicht des abziehenden Stickstoffdampfes beobachten, da der Recipient sich nie so weit abkühlte, dass er sich aussen beschlagen hätte. Durch die eine Hälfte des Stopfens war ein 1 cm weites Rohr *R* eingeführt, welches zu einem Heberbarometer führte; durch die andere ging ein dünn ausgezogenes Glasröhrchen *K*, mittelst dessen gereinigter und getrockneter Wasserstoff (elektrolytisch oder zum Teil auch aus Zink und Schwefelsäure hergestellt) in den flüssigen Stickstoff eingeleitet werden konnte; diese Massregel, welche auch von Estreicher[1]) für die Bestimmung der Dampfspannungskurve des Sauerstoffes angewendet worden ist, hatte den Zweck, die Siedeverzüge hintan zu halten, welche sich sonst im flüssigen Stickstoff namentlich bei sehr geringen Drucken in hohem Masse einstellen. Es meint zwar Baly,[2]) es genüge zur Vermeidung der Siedeverzüge nur dann der Wasserstoffstrom, wenn er sehr heftig gehe und vermied daher die Siedeverzüge dadurch, dass er Kupferstückchen in die Flüssigkeit warf. Allein wir fanden, dass dieser Kunstgriff nicht wesentlich besser wirkt, als das Einführen von Wasserstoff und da letzteres Verfahren erheblich bequemer ist, so wandten wir bei unseren Versuchen in der Regel nur dieses Hilfsmittel an. Im Gegenteil fanden wir bei einigen Versuchen, welche wir eigens anstellten, um den Einfluss der Stärke des hindurchgeblasenen Wasserstoffstroms zu verfolgen, dass man gerade einen zu heftigen Wasserstoffstrom vermeiden muss. Man kann nämlich auf diese Weise leicht den Stickstoff unter seine Siedetemperatur abkühlen. Vielleicht ist die Bemerkung Baly's (l. c.), dass die Estreicher'schen Werte für die Siedetempe-

---

1) Estreicher, Phil. Mag. V 40, p. 454, 1895.
2) E. C. C. Baly, Phil. Mag. 49, p. 526, 1900.

ratur des Sauerstoffes niedriger sind als die Baly'schen, ein Zeichen dafür, dass Estreicher eher zu viel als zu wenig Wasserstoff hindurchgetrieben hatte. Das Einwerfen von Kupferstückchen hat jedenfalls den Nachteil, dass die Wirkung derselben sofort verschwindet, wenn sie sich genügend abgekühlt haben, was ziemlich rasch geschieht. Dass man bei den Messungen der Siedetemperaturen des Stickstoffs nicht gut die Temperatur des Dampfes bestimmen kann, weil seine Wärmeleitungsfähigkeit offenbar sehr gering ist, und ausserdem die dazu erforderlichen Mengen Flüssigkeit sehr erheblich wären, bringt eine wohl zu beachtende Unsicherheit in die Dampfspannungsmessungen. Macht man, um von denselben ein ungefähres Bild zu erhalten, vergleichende Versuche mit Wasser, indem man einerseits die Temperatur des siedenden Wassers, andererseits die des sich daraus entwickelnden Dampfes misst, so ergibt sich eben die alte Erfahrung, dass die Temperatur des Wassers stets etwas höher ist als die des Dampfes. Die beiden Temperaturen werden aber einander um so näher gleich, je kleiner die Dampfbläschen sind, die sich im Wasser entwickeln, gleichgültig, welches Hilfsmittel man anwendet, um solche kleine Bläschen zu erzielen. Durch Einbringen von kleinen, sehr spitzen Karborundumstückchen von $^1/_{60}$—$^1/_6$ mm mittleren Durchmesser konnte in Wasser der geringste Siederverzug erhalten werden (bis herab zu 0.2°), während ohne dieselben die Wassertemperatur ohne weiteres mehr als 1° zu hoch war, und auch nach Einwerfen von roten Tariergranaten, wie sie in dem Beckmann'schen Apparat verwendet werden, noch ein Temperaturüberschuss von 0.6° vorhanden war. Da man in allen diesen Fällen bemerkt, dass ein um so heftigeres Stossen im Wasser eintritt, je grösser die Siederverzüge sind, so gingen wir bei unseren Versuchen mit flüssigem Stickstoff darauf aus, ein möglichst stossfreies und gleichmässiges Sieden zu erzielen. Zum Teil trat dieses von selbst ein, indem sich an den Rauhheiten des Dewarfläschchens zahlreiche winzige Bläschen bildeten, und indem das Thermoelement als spitziger Heizkörper wirkte, so dass wir sehr häufig, namentlich bei

höherem Druck der Wasserstoffzufuhr gar nicht bedurften. um gleichmässiges und doch lebhaftes Sieden zu erzielen; zum Teil unterstützten wir die Entstehung von kleinen Bläschen durch eingelegte dünne Palladiumdrahtstückchen, die vorher mit Wasserstoff frisch beladen waren und durch Einblasen von Wasserstoff, der in kleinen Bläschen eintreten konnte. Die wesentlichste Garantie dafür, dass nicht besonders störende Siedeverzüge bei unseren Versuchen — namentlich bei den späteren — vorhanden sein konnten, erblickten wir in dem Ausbleiben von grösseren Stössen. Da das Thermoelement alle diese Stösse sofort anzeigte, so konnten wir — hauptsächlich durch Regulierung des Wasserstoffstromes — dafür sorgen, dass diese Siedeverzüge jedenfalls nur sehr klein waren und dass während der Versuche nur sehr geringe, aber sehr rasch sich folgende Siedeverzüge auftraten. Da unmittelbar nach dem Stossen eines mit Siedeverzug siedenden Wassers dessen Temperatur sich der Siedetemperatur nähert, so glaubten wir durch unsere Kriterien noch am sichersten die richtigste Siedetemperatur ermitteln zu können. Selbstverständlich wurde daraut gesehen, dass jede Temperatur einige Minuten konstant hielt, wenn der Druck konstant gehalten wurde. Die Schwankungen des letzteren konnten ohne grosse Schwierigkeit auf weniger als $^1/_2$ bis 1 mm gebracht werden. Unter Umständen könnte der Wasserstoff als Störung auftreten, nämlich dann, wenn er etwa in dem Stickstoff sich lösen und dadurch dessen Siedepunkt und Gefrierpunkt verändern würde. Es sind indessen die Mengen nur sehr gering (auf ca. 50 ccm flüssigen Stickstoff ca. 100—200 ccm Wasserstoff) und bei unseren ersten Versuchen, in welchen wir Stickstoff ohne Durchleiten von Wasserstoff zum Erstarren brachten, und in welchen wir mit einem noch $^1/_{100}$ Millivolt angebenden Voltmeter von Siemens und Halske die Erstarrungstemperatur massen, haben wir auch nie andere Erstarrungspunkte beobachtet, als bei den späteren Versuchen, in welchen wir grösstenteils auch dieses Millivoltmeter zur ungefähren Kontrolle mit angeschlossen hatten. Der verdampfte Stickstoff wurde bis zu einem Druck von 150 mm

mittels einer Wasserluftpumpe fortgeschafft; für kleinere Drucke wurde eine Bianchi'sche Pumpe mit oscillierendem Kolben verwendet, die von einem einpferdigen Elektromotor angetrieben wurde, und einen Raum von 9 Liter Inhalt in 2 Minuten auf 4 mm leer zu pumpen imstande war. Um den Druck im Recipienten bequem regulieren und längere Zeit konstant halten zu können, war an die Saugleitung ein mikrometrisch verstellbarer Hahn angeschlossen, durch den Luft in die Pumpenleitung eingelassen werden konnte. Das Thermoelement T, welches neben dem Wasserstoffthermometer eingeführt war, wurde einfach zwischen die beiden Gummistopfenhälften oder zwischen Gummistopfen und Glastubus eingeklemmt. Der Erstarrungspunkt des ganz reinen Stickstoffs ist ein sehr gut definierter Punkt. Ist der Druck unter dem Recipienten, auf ca. 90 mm vermindert, so bildet sich bei weiterer Druckerniedrigung an der Flüssigkeitsoberfläche Stickstoffeis, das zunächst als trübe, schwach blassgraue Masse erscheint und zu Boden sinkt. Gleichzeitig entwickelt sich an dem aus dem Kapillarrohre austretenden Wasserstoffstrom ein dünnes rohrartiges Stück von festem Stickstoff, das beim Erschüttern der Kapillare zu Boden fällt und dann wieder schmilzt. Die Dichte des festen Stickstoffs ist somit grösser als die des flüssigen, das heisst grösser als 0.791 und zwar wahrscheinlich nicht unerheblich grösser. Bei weiterer Abkühlung des Gemisches aus flüssigem und festem Stickstoff tritt allmählich eine vollständige Erstarrung des ganzen Gemisches ein. Bei einem Druck von 89 bis 77 mm ist die Füllung in Stickstoffeis verwandelt, das weiss aussieht und einen ähnlichen Eindruck macht, wie wässriger Schnee; flüssiger Stickstoff, welcher bis zum Erstarrungspunkt hin leicht beweglich ist, geht in eine etwas gallertartig aussehende Masse über, bevor er gefriert. In der folgenden Tabelle sind die verschiedenen Werte für den Siedepunkt und Erstarrungspunkt angegeben, welche das Wasserstoffthermometer ergab.

Spannungs-coefficient für Wasserstoff $\alpha = 0.0036625 = \frac{1}{273.04}$	Siedepunkt		Druck mm	Erstarrungspunkt		Druck mm
	Angabe des Wasser-stoff-thermom.	E. M. K. des Thermo-elements		Angabe des Wasser-stoff-thermom.	E. M. K. des Thermo-elements	
Thermometer II.	— 195.75	5.029	711.1			
"	— 195.98	5.033	711.0	— 210.84	5.2364	77
"	— 196.03	5.033	711.0			
Thermometer I.	— 196.08	5.037	710.1			
"	— 196.14	5.035	715.5	— 210.87	5.2381	75 — 76
Thermometer II.	— 196.17	5.036	714.0	— 210.35 — 210.39	5.2342 5.2351	89
"	— 196.21	5.036	715.1	— 210.41	5.2351	81
Mittel	— 196.05	5.0341		— 210.57	5.2356	

Bei einer Messung kühlten wir den festen Stickstoff noch weiter ab, indem wir den Druck bis auf 62 mm erniedrigten; das Wasserstoffthermometer zeigte bei diesem Druck — 211.65° C. an. Das Thermoelement lieferte in diesem Falle keine brauchbare Angabe mehr, da der feste Stickstoff ein sehr schlechter Wärmeleiter ist, was schon Olszewski betont. Der Anblick des Stickstoffs bei dieser Temperatur erinnert an trockenen, weissen Schnee. Eine bestimmte Krystallstruktur liess sich nicht ohne weiteres erkennen, wenn auch das Aussehen auf krystallinischen Zustand hinweist.

Der Siedepunkt für reinen Stickstoff ist bereits mehrmals bestimmt worden.[1]) Es fand

Olszewski[2]) — 195,6° C. d. i. 77,4° abs. für atmosphärischen (mit Constant-Volumthermometer) Stickstoff

Baly[3]) — 195,5° C. d. i. 77,5° abs. für chemischen (mit Constant-Druckthermometer) Stickstoff.

---

[1]) Travers. Experim. Study of Gases S. 241.

[2]) K. Olszewski, Compt. Rend. 99, p. 134, 1884. Compt. Rend. 100. p. 350, 1885; auch Phil. Mag. 39, p. 200 u. 210, 1895.

[3]) C. C. Baly, Phil. Mag. 49, S. 528, 1900.

Auf die Differenz zwischen unserem Wert und den Baly-schen wird S. 151 näher eingegangen.

Mit Verwendung der Interpolationsformel von Baly, wonach der Siedepunkt des chemischen Stickstoffs zwischen 760 mm und 717 mm Druck um 0,5° sinkt, ergibt sich aus unseren Werten, die mit dem Wasserstoffthermometer gewonnen sind

— 196.10 bei 714 mm, (Fehlerangaben S. 124)

also — 195.57 (77,43 abs.) bei 760 mm.

Als Erstarrungstemperatur liefern unsere Wasserstoffthermometer den Mittelwert — 210,57° d. i. 62.43[1]) abs. T. Für den Gefrierpunkt liegt nur eine Gasthermometerbeobachtung vor, und zwar ist es die erste, die gemacht wurde, nämlich die von Olszewski (l. c.). Es erwähnt zwar J. Dewar[2]), dass der Stickstoff bei der Temperatur des flüssigen Wasserstoffes zu einem klaren farblosen Eis werde, allein wir fanden nirgends, dass er die Erstarrungstemperatur gemessen hätte. Olszewski hat sie zu — 214° C. gefunden und gibt den Erstarrungsdruck zu 60 mm an. Da Olszewski, entsprechend den Hilfsmitteln jener Zeit, nur mit den kleinen Mengen von 5 — 6 ccm operieren konnte, dürfte der von ihm ermittelte Wert unserem gegenüber nicht ins Gewicht fallen. Wroblewki's (l. c.) Werte, — 203° für die Erstarrungstemperatur bei einem Druck von 60—70 mm, und — 193° als Siedetemperatur bei 740 mm, sind durch Extrapolation mittelst Thermoelementes erhalten worden und haben deswegen nur geringes Gewicht.

Wir fanden auch einen anderen Erstarrungsdruck, nämlich 80 — 90 mm. Es ergab zwar jede einzelne Stickstoffprobe einen sehr bestimmten während des Erstarrens kontanten Druck, aber die Werte für verschiedene Versuche wichen nicht unerheblich von einander ab. Es scheint, dass geringe Verunreinigungen (Sauerstoff aus der Luft, der beim Abfüllen in den Stickstoff

---

[1]) Wenn man wie gewöhnlich, den absoluten Nullpunkt = — 273° C. setzt, statt des für unseren Wert von α folgenden = — 273.04°.

[2]) J. Dewar, Proc. Roy. Inst. XVI 93, p. 214, 1900.

kondensierte und eventuell auch durch Undichtigkeiten des entzweigeschnittenen Gummistopfens (Fig. 3) in den Apparat eindringt, vielleicht sogar im flüssigen Stickstoff sich lösender Wasserstoff) den Erstarrungsdruck ziemlich merklich beeinflussen; die Erstarrungstemperatur scheint davon weniger getroffen zu werden. Wir konnten bei fast allen Versuchen konstatieren, dass am Schluss einer Versuchsreihe der Siedepunkt des Stickstoffs sich etwas, nämlich um $0.1-0.2^0$ erhöht hatte, auch in dem Falle, wo nur reiner Wasserstoff eingeleitet war und Undichtigkeiten kaum vorhanden gewesen sein können, ohne dass wir die Siedepunktserhöhung auf verschieden tiefes Eintauchen des Thermoelementes zurückführen konnten. Da während des Versuchs beigemischter Sauerstoff weniger verdampft als der Stickstoff und da letzterer schliesslich auf einen doch ziemlich kleinen Bruchteil der anfänglichen Menge verbraucht ist, so wird am Schlusse einer Versuchsreihe eine Verunreinigung durch Sauerstoff prozentual wesentlich grösser. Als wir gelegentlich bei einem Versuch nur ca. 10 % flüssigen Sauerstoff zugeführt hatten, erhielten wir selbst bei einem Druck von nur 48 mm noch keine Anzeichen der Erstarrung. Die Temperatur war dabei nur unwesentlich geringer als die des Siedepunktes des reinen Stickstoffs.

5. Die Dampfspannung des gesättigten Stickstoffs bei niedrigen Drucken wurde gemessen, indem die zu den einzelnen Drucken gehörigen Siedepunkte bestimmt wurden. Die Anordnung blieb für diese Versuche die gleiche wie für die Bestimmung des Erstarrungspunktes, nur wurde das Wasserstoffthermometer fortgelassen, ein ungespaltener Gummistopfen verwendet, und nur das Thermoelement aus Kupfer-Konstantandraht, das durch den Stopfen geführt ist, zur Messung verwendet; die eine Löthstelle des Thermoelements wurde stets in Vaselinöl oder Petroleum auf Eistemperatur gehalten. Als Gefäss für den Stickstoff diente in diesem Falle bei einigen Versuchen ein kleines unversilbertes cylindrisches Dewarfläschchen von nur 52 ccm Inhalt, bei anderen das kugelige von 153 ccm Inhalt. Die Resultate sind in der Tafel I. graphisch

wiedergegeben und zwar geben die Abscissen die Drucke, die Ordinaten die dazu gehörigen E. M. K. des Thermoelements in Millivolt. Die Spannungen wurden alle nach der Kompensationsmethode durch Vergleich mit einem Weston-Normal-Element erhalten. Die zu einem Versuch gehörigen Punkte sind durch gleiche Bezeichnung gekennzeichnet; zum Teil sind die Punkte einer Versuchsreihe durch gerade Linien verbunden, um das Bild übersichtlicher zu gestalten. Besonders hinzuweisen ist auf den Einfluss der Verunreinigungen, welcher sich in den Dampfspannungskurven geltend macht. Die Kurven, welche einen erhöhten Siedepunkt zeigen, lassen darauf schliessen, dass die betreffende Stickstoffprobe nicht ganz rein von Verunreinigungen war. Es zeigt sich, wie zu erwarten, dass Proben, welche den höchsten Siedepunkt ergeben, auch den tiefsten Gefrierpunkt liefern (Siedepunktserhöhung und Gefrierpunktserniedrigung). Aus diesen Kurven wurde graphisch eine Kurve interpoliert, welche nach unserer Ansicht die richtige Kurve der Siedepunkte des Stickstoffes bei niedrigen Drucken darstellt. Wir geben statt ihrer die Zahlen wieder. Um statt der elektromotorischen Kräfte die ihnen entsprechenden Temperaturen angeben zu können, haben wir stets bei den Bestimmungen des Siedepunktes und Erstarrungspunktes mit dem Wasserstoffthermometer auch das Thermoelement im Stickstoff gehabt und konnten so geeignete Fixpunkte für dasselbe erhalten. Ausserdem bestimmten wir noch für eine grössere Menge (ca. $^3/_4$ l) flüssiger Luft die Temperatur mit Wasserstoffthermometer und Thermoelement, sowie den Siedepunkt des reinen Sauerstoffes mit dem Thermoelement allein. Um letzteren herzustellen, versuchten wir verschiedene Verfahren. Schliesslich erschien uns die Herstellung aus reinem chlorsaurem Kali mit direkter Kondensation des aus der letzten Waschflasche kommenden O_2, also Vermeidung eines Gasometers als das Zweckmässigste; mit der Hempel'schen Sauerstoffanalyse mit Kupfer in ammoniakalischer Lösung konnten wir konstatieren, dass der durch Kalilauge, Schwefelsäure und Phosphorpentoxyd gereinigte Sauerstoff bis auf mehr als 0,6 $^0/_0$

rein war, während die Erzeugung von Sauerstoff aus chlorsaurem Kali und Braunstein, sowie diejenige aus einem Gemenge von chlorsaurem Kali und Eisenoxyd und selbst die elektrolytische Erzeugung von Sauerstoff (Ozon!) weniger reine Produkte ergaben. Die Kondensation wurde ähnlich bewerkstelligt wie die des Stickstoffes. Die in einer Glasretorte auf einmal erhitzte Menge von chlorsaurem Kali war in keinem Falle grösser als 250 g, was eine Ausbeute von ca. 50 ccm flüssigen Sauerstoff gab. Nimmt man als Siedepunkt für Sauerstoff die übereinstimmenden Werte von Olszewski und Wroblewski, nämlich — 182,4° (90,6° abs.) und interpoliert nach den Messungen von Estreicher (l. c.) und Baly (l. c.), so ergibt sich daraus für einen Druck von 714,4 mm, bei welchem unser Thermoelement für die Siedetemperatur des flüssigen Sauerstoffes 4,845 Millivolt zeigte, die Temperatur — 182,9° (90,1° abs.); trägt man diese Werte, den für die Temperatur einer grösseren Menge flüssiger Luft gefundenen, nämlich 4,971 Millivolt entsprechend — 191,60°, und die oben gefundenen Werte für den Siedepunkt und Erstarrungspunkt des Stickstoffes in ein Koordinatensystem ein, um die Aichkurve für das Thermoelement in dem Intervall von — 182,9° bis — 211° zu erhalten, so ergibt sich der Linienzug der Tafel II.

Dieselbe zeigt deutlich, wie gut die Angaben des Wasserstoffthermometers mit jenen aus dem Thermoelement übereinstimmen und rechtfertigt jedenfalls, dass wir die Temperaturen für die Dampfspannungen nach dieser Kurve interpolieren. Berechnet man die Parabel, welche durch den Sauerstoffpunkt und den Siede- bezw. Gefrierpunkt des Stickstoffs bestimmt ist, so fällt dieselbe fast mit der Geraden durch die letzteren beiden Punkte zusammen; einige Punkte der Parabel sind mit ⊕ in Fig. 5 eingetragen; da die mit dem Wasserstoffthermometer von uns gemessenen Punkte a, b, c genau in eine Gerade fallen, und der Sauerstoffpunkt von den verschiedenen Beobachtern um mehr als 0.1° verschieden angegeben wird,[1])

[1]) Vergl. L. Holborn, Drudes Ann. 6. S. 254 f., 1901; die Differenzen rühren wohl zum Teil von dem Einfluss der sechsten Dezimale von α her, das Holborn zu 0.003665, wie zu 0.0036625 genommen haben.

so dass derselbe für unsere Untersuchung nicht das Gewicht zu haben scheint wie die Punkte *a*, *b*, *c*, so haben wir in dem Bereiche von — 196.05 bis — 210.57° für das Thermoelement eine lineare Abhängigkeit der E. M. K. von der Temperatur angenommen und also eine geradlinige Interpolation angewandt, um die Dampfspannungskurve des Stickstoffs zu erhalten.

Der Temperatur	— 196.05°	C. entspricht	5.0341	Millivolt
	— 210.57°	„ „	5.2356	„
d. i.	14.52°	„ „	0.2015	„
	0.072°	„ „	0.001	„

Die mit dem Thermoelement gemachten Bestimmungen des Siedepunktes bei mittlerem Druck und des Erstarrungspunktes ergaben folgende Werte:

Siedepunkte		Gefrierpunkte		Gewicht[1]) für die Bildung des Mittelwertes
Barometerstand	Thermoelement	Erstarrungsdruck	Thermoelement	
mm	Millivolt	mm	Millivolt	
710.1	4.560 × 1.1045	86.5 - 87.0	4.740 × 1.1045	1
711.7	4.560_5	86.5 -- 87.0	4.741	1
711.7	4.560_5	80 - 81	4.741_5	1
711.9	4.560_5	79.2	4.741	1
713.0	4.561	77	4.737	1
714.0	4.559_5	83	4.739_5	1
714.8	4.560	81.5	4.739	1
715.1	4.559	89 — 90	4.739	4
715.1	4.560_5	89	4.739	4
715.1	4.559_5	75 - 76	4.741	1
715.5	4.558_5	77	4.741	1
715.7	4.559	88	4.739_5	4
716.4	4.559	Mittel: **86**	4.7396 × 1.1045 = 5.2348_8 Millivolt d. i. **210.52°** Cels.,	
716.4	4.559_5			
717.2	4.559			
719.0	4.557			
Mittel: **714.5**	4.5594 × 1.1045 = 5.0386 Millivolt d. i. —**196.17_6°** Cels.	wenn die Temperatur mit einem Wasserstoffthermometer mit konstantem Volum gemessen und *a* = 0.0036625 gesetzt wird (vergl. oben).		

[1]) Da aus dem Gang der Versuche zu sehen war, dass der Erstarrungsdruck höher ist, wenn der Stickstoff reiner ist, werden die Einzelwerte mit den nebenbezeichneten Gewichten in Rechnung gesetzt, um den Mittelwert zu bilden.

Für die Dampfspannung bei niedrigen Drucken ergibt sich durch graphische Interpolation aus den Werten der Tafel I. folgende Tabelle:

Dampfspannung des gesättigten Stickstoffdampfes.

Druck in mm Hg	E. M. K. des Thermoelementes in Millivolt	Temperatur	
		Celsiusgrade für $\alpha = 0.0036625$	Absoluter[1]) Wert
760	extrapoliert	— 195.67	77.33
$714._5$	5.0358_6	— 196.17_6	76.82_4
700	5.0382	— 196.34_5	76.65_5
650	5.046_5	— 196.94_4	76.05_6
600	5.055_3	— 197.58	75.42
550	5.064_7	— 198.25	74.75
500	5.074_8	— 198.98	74.02
450	5.085_7	— 199.77	73.23
400	5.097_5	— 200.62	72.38
350	5.1105	— 201.55_4	$71,44_6$
300	5.124_9	— 202.59	70.41
275	5.1332	— 203.19	69.81
250	5.1414_5	— 203.79	69.21
225	5.1512	— 204.49	68.51
200	5.1611	— 205.20	67.80
180	5.1702	— 205.86	67.14
160	5.1801	— 206.57	66.43
140	5.1911	— 207.37	65.63
120	5.2033	— 208.24_5	64.75_5
100	5.219	— 209.38	63.62
86 + 4 Erstarrungspunkt	5.2348_8	— 210.52	62.48

6. Zur Prüfung der beobachteten Dampfspannungen wurden die Werte dieser Tabelle zunächst in die Dühring'sche[2]) Siedepunktsformel eingesetzt, nach welcher $\frac{t'-t'_0}{t-t_0} = q$ $=$ konstant sein soll, wenn t_0 und t'_0 die Siedetemperaturen

[1]) Auch hier ist als absoluter Nullpunkt -273^0 C. genommen, wie gewöhnlich, statt -273.04 wie er nach den Chappuis'schen Untersuchungen sich ergibt und wie auch wir ihn bei unseren Untersuchungen streng genommen zu Grunde legen müssten (vergl. oben S. 124 u. 131).

[2]) U. Dühring, Wied. Ann. 11 p. 163, 1880.

zweier Substanzen bei einem bestimmten, aber beliebig gewählten Drucke p_0 und t und t' die Siedetemperaturen derselben Substanzen bei einem beliebigen anderen Drucke p bedeuten. Nimmt man als Bezugssubstanz Wasser und als p_0 den Druck von 760 mm Hg, so ist $\begin{array}{l} t_0' = -\ 195.67^\circ \text{ C. für Stickstoff,} \\ t_0 = +\ 100.00^\circ \text{ C. für Wasser,} \end{array}$

und es ergibt sich unter Benützung der Dampfspannungstabellen für Wasser von Wiebe und von Regnault-Broch:

$$\text{Für } p = 700 \qquad q = \frac{196.34 - 195.67}{373 - 370.71} = 0.292$$

$$p = 500 \qquad q = \frac{198.98 - 195.67}{373 - 361.67} = 0.292$$

$$p = 400 \qquad q = \frac{200.62 - 195.67}{373 - 355.95} = 0.290$$

$$p = 300 \qquad q = \frac{202.59 - 195.67}{373 - 348.97} = 0.288$$

$$p = 200 \qquad q = \frac{205.20 - 195.67}{373 - 339.48} = 0.284$$

$$p = 100 \qquad q = \frac{209.38 - 195.67}{373 - 324.70} = 0.284$$

$$p = 86 \qquad q = \frac{210.52 - 195.67}{373 - 321.66} = 0.289,$$

also in der That eine solche Konstanz, wie sie nach dem Verhalten der bereits genauer untersuchten Flüssigkeiten bei der Dühring'schen Formel nicht besser zu erwarten ist.

Eine strengere Prüfung ermöglicht wohl die Ramsay-Young'sche[1]) Beziehung zwischen den Siedepunkten zweier Substanzen, da sich die Ramsay-Young'sche Formel in sehr vielen Fällen als zutreffend erwiesen hat, so dass Baly[2]) sogar auf Grund derselben aus zwei beobachteten Dampfspannungen des Stickstoffs die Siedetemperaturen für Drucke zwischen 717.0 und 2812.0 mm Hg berechnet hat. Bezeichnen T_a' und T_b' die absoluten Siedetemperaturen zweier

[1]) W. Ramsay und S. Young, Phil. Mag. 21 S. 33, 1886; vergl. auch Nernst, theoretische Chemie, 2. Aufl., S. 315.

[2]) E. C. C. Baly; Phil. Mag. 49 S. 527, 1900.

Substanzen A und B bei ein und demselben Druck, T_a und T_b die absoluten Siedetemperaturen der nämlichen Substanzen bei einem anderen, aber wieder für die beiden gleichen Druck, so ist nach Ramsay-Young:

$$\frac{T_b}{T_a} = \frac{T_b'}{T_a'} + c\,(T_a - T_a'),$$

wo c eine für A und B konstante Grösse bedeutet.

Trägt man also die absoluten Siedetemperaturen T_a als Ordinaten, die Verhältnisse $\frac{T_b}{T_a}$ als Abszissen auf, so muss die dadurch definierte Kurve eine gerade Linie sein. Wir nahmen als Vergleichssubstanz (A, T_a) wiederum Wasser und erhielten in der That für das Druckintervall von 760—120 mm eine überraschend gute Annäherung der Kurve an eine gerade Linie; von 120 mm ab bis zum Erstarrungsdruck jedoch nimmt die Kurve plötzlich einen sehr stark gekrümmten Verlauf.

Für die Punkte, welche dem Druckintervall
von 760—300 mm angehören, wird die Konstante $c = 0.000233$
für die Punkte im Intervall
von 300—120 mm wird $c = 0.000226$.

Zieht man Gerade G_1 bezw. G_2, welche sich an die Punkte im ganzen Intervall von 760—120 mm möglichst gut anschliessen, so wird $c = c_1 = 0.000228_2$ bezw. $c = c_2 = 0.000230_2$, je nachdem man die Gerade näher an die Punkte des Intervalles des geringeren (250—120 mm) bezw. höheren Druckes (760—250 mm) legt. Würde man den Siedepunkt und Erstarrungspunkt (Tab. S. 135) durch eine Gerade G_3 verbinden, die nun aber ausserhalb aller Punkte zu liegen käme, so würde $c_3 = 0.0002556$.

Das beste Bild von den Abweichungen, welche die beobachteten Werte gegenüber den aus der Ramsay-Young'schen Formel sich ergebenden zeigen, erhält man, wenn man die Beobachtungswerte jenen gegenüberstellt, welche sich aus den Ramsay'schen Geraden G_1, G_2 und G_3 ergeben, indem man aus der Zeichnung die Verhältnisse $\frac{T_b}{T_a}$ absticht und mit den aus Tabellen entnehmbaren Werten T_a für Wasser multipliziert. Die folgende Tabelle enthält diese Zahlen.

Dampfdrucke und ihre Aenderung mit der Temperatur.

Druck mm Hg	Beobachtet		Berechnet: Aus Ramsay-Geraden G_1		Berechnet: Aus Ramsay-Geraden G_2		Berechnet: Aus Ramsay-Geraden G_3	
	T_b^0 Cels.	$\frac{\Delta p}{\Delta T}$ $\frac{\text{mm Hg}}{\text{Grad}}$	T_b^0 Cels.	$\frac{\Delta p}{\Delta T}$ $\frac{\text{mm Hg}}{\text{Grad}}$	T_b^0 Cels.	$\frac{\Delta p}{\Delta T}$ $\frac{\text{mm Hg}}{\text{Grad}}$	T_b^0 Cels.	$\frac{\Delta p}{\Delta T}$ $\frac{\text{mm Hg}}{\text{Grad}}$
760	(−195.67)		−195.673		−195.673		−195.852	
750	(−195.78)		−195.778		−195.778		−195.788	
730	(−196.00)	89.3	−195.999	90.1	−195.999	89.35	−195.990	86.75
714.6	**−196.176**		**−196.176**		**−196.176**		**−196.176**	
715		86.5		87.1		86.6		84.6
700	−196.345		−196.339		−196.345		−196.345	
675		83.5		84.6		84.6		82.0
650	−196.944		−196.930		−196.936		−196.954	
625		79.00		79.5		80.0		77.05
600	−197.58		−197.559		−197.561		−197.604	
575		74.1		74.36		73.56		71.7
550	−198.25		−198.232		−198.241		−198.301	
525		68.7		69.5		69.0		67.0
500	−198.98		−198.952		−198.966		−199.047	
475		63.16		63.7		64.0		61.8
450	−199.77		−199.737		−199.747		−199.856	
425		59.7		58.44		58.66		56.9
400	−200.62		−200.593		−200.600		−200.735	
375		53.16		52.9		52.7		50.9
350	−201.554		−201.538		−201.549		−201.718	
325		48.2		48.4		48.36		47.1
300	−202.59		−202.571		−202.588		−202.779	
275		41.7		40.80		40.75		39.6
250	−203.786		−203.797		−203.811		−204.040	
225		35.3		35.24		35.00		34.1
200	−205.20		−205.223		−205.240		−205.510	
190		30.5		31.18		31.12		30.4
180	−205.86		−205.865		−205.883		−206.168	
170		28.1		28.12		27.90		27.1
160	−206.57		−206.576		−206.600		−206.906	
150		25.1		25.3		25.28		24.5
140	−207.37		−207.367		−207.392		−207.722	
130		22.87		22.81		22.58		22.0
120	−208.245		−208.244		−208.278		−208.632	
110		17.6		19.67		19.63		19.13
110	−208.765		−208.739		−208.770		−209.137	
100	−209.38		−209.261		−209.297		−209.677	
95	−209.69		−209.546		−209.581		−210.042	
93		11.6 ± 3.5		(17.1)		(17.04)		(16.63)
90	−210.06		−209.834		−209.873		−210.270	
86 ± 4	**−210.52**		−210.08		−210.12		**−210.52**	

Ausser den Siedetemperaturen sind in derselben noch die Verhältnisse $\frac{\Delta p}{\Delta T}$ für verschiedene Drucke eingetragen, da gerade diese Grösse in der Clapeyron'schen Formel eine entscheidende Rolle spielt.

Man sieht aus diesen Zahlen, dass die beobachteten Siedetemperaturen sich sehr gut in die Ramsay-Young'sche Formel einfügen lassen. In dem Intervall von 760 bis 110 mm ist für die Gerade G_1 die Maximalabweichung zwischen beobachteten und berechneten Werten nur 0.03°, für die Gerade G_2 nur 0.04°. Die Abweichungen, welche sich im Druck-Intervall von 110 bis 86 mm ergeben, erscheint uns darin begründet, dass die Ramsay-Young'sche Formel nicht mehr zutrifft, wenn der Siedepunkt eines Körpers sich seinem Erstarrungspunkt nähert. Denn auch bei den anderen Substanzen zeigt sich, dass diese empirisch festgestellte Formel nur eine Annäherung darstellt, wie sich aus den zahlreichen Beispielen der Ramsay-Young'schen[1]) Arbeit ergibt. Namentlich sei hier auf das Beispiel der Essigsäure (l. c. S. 45) hingewiesen, deren Siedepunkt bei niedrigen Drucken nach der Beobachtung um 0.3° tiefer liegt als der nach der Ramsay-Young'schen Formel aus dem Vergleich mit Wasser ermittelte Wert (vergl. später S. 148). Der Siedepunkt für Aethylalkohol weicht bei 10 mm Druck (l. c. S. 36) sogar um 0.8° von den beobachteten ab. Uebrigens würde auch aus der Annahme, dass in unseren Beobachtungen nur der Siedepunkt und Gefrierpunkt des Stickstoffes richtig wäre, und die Ramsay-Young'sche Formel in dem dazwischen liegenden Intervall streng gültig bliebe, sich zwischen den aus ihr interpolierten und den beobachteten Werten nur eine Maximalabweichung von 0.6° ergeben.

Dass sich unsere beobachteten Werte zwischen 760 mm und 110 mm sehr gut an die Dühring'sche und die Ramsay'sche Siedepunktsformel anschliessen, erscheint uns eine wesentliche Stütze für die Annahme, dass wir bei den Beob-

---

[1]) W. Ramsay u. S. Young, Phil. Mag. V. 21, S. 34—51 ff. 1886.

achtungen nicht erheblich durch Siedeverzüge gestört waren. Ferner machen sie es wahrscheinlich, dass auch der aus unseren Beobachtungen extrapolierte Wert für den Siedepunkt des Stickstoffs bei 760 mm nämlich — 195.67° C. richtig ist. Der Nutzen, den wir aus der Ramsay'schen Formel ziehen zu können glauben, besteht in einer Ausgleichung unserer Beobachtungswerte. Macht man von ihr Gebrauch, um Unregelmässigkeiten in den ersten Differenzen der Siedetemperaturen auszugleichen, so ergibt sich folgende Dampfspannungstabelle des Stickstoffes, welche wir auf grund unserer Beobachtungen als definitiv betrachten. Die Temperaturen geben wir hier auf 3 Decimalstellen an, obwohl natürlich höchstens die zweite Decimale absolut genommen richtig sein wird, weil für die Berechnung der Grösse $\frac{dp}{dT}$ und ihrer Aenderung die dritte Decimale noch von wesentlichem Einfluss ist. Neben den Werten von $\frac{dp}{dT} = \frac{\Delta p}{\Delta T}$, welche sich durch Rechnung aus den benachbarten p und t ergeben, sind jene Werte angegeben, welche aus der Dampfspannungskurve mittels Tangentenkonstruktion erhalten wurden, um die Genauigkeit beider Berechnungsarten zu veranschaulichen.

Nach der Dampfspannungstabelle, welche Baly (l. c.) für Stickstoff bei hohem Druck angegeben hat, wäre

$$\frac{dp}{dT} = 86 \frac{\text{mm Hg}}{\text{Grad Cels.}} \text{ bei 738 mm Druck,}$$

$$\frac{dp}{dT} = 92 \quad " \quad " \; 783 \; " \quad "$$

$$\frac{dp}{dT} = 100 \quad " \quad " \; 831 \; " \quad "$$

Es würde also in der Nähe von 760 mm der Baly'sche Wert um 5 % von dem unseren abweichen. Da wir annehmen zu können glauben, dass unsere Werte für $\frac{\Delta p}{dT}$ zwischen 700 und 600 mm Druck auf 1 % genau sind, so ist wohl der Baly'sche Wert zu klein ermittelt. Bildet man in der Baly'schen

Definitive Dampfspannungstabelle des chemischen Stickstoffs.

Druck p in mm Hg	Temperatur		$\frac{\Delta p}{\Delta T}$	$\frac{dp}{dT}$ durch Tangentenkonstruktion ermittelt
	t Celsiusgrade für $\alpha = 0.0036625$	T Absoluter[1] Wert		
760	— 195.673	77.33	91.0	89.8
750	— 195.778	77.23	90.4	—
730	— 195.998	77.00	89.3	—
715	— 196.170	76.83	87.8	88.6
700	— 196.345	76.655	86.4	84.5
650	— 196.936	76.064	82.3	83.2
600	— 197.560	75.44	76.7	75.5
550	— 198.241	74.76	71.4	69.2
500	— 198.970	74.03	66.3	64.8
450	— 199.750	73.25	61.3	61.1
400	— 200.605	72.395	56.0	54.7
375	— 201.065	71.935	53.2	51.6
350	— 201.540	71.46	50.7	50.9
325	— 202.053	70.95	48.1	48.4
300	— 202.580	70.42	45.5	45.4
275	— 203.150	69.85	41.1	41.4
250	— 203.797	69.20	38.2	36.9
225	— 204.470	68.53	35.6	35.4
200	— 205.20	67.80	31.9	31.3
180	— 205.865	67.135	29.1	—
160	— 206.575	66.425	26.6	—
150	— 206.945	66.055	25.3	25.4
140	— 207.367	65.63	23.9	23.3
130	— 207.793	65.21	22.5	22.2
120	— 208.245	64.755	20.3	20.1
110	— 208.77	64.23	18.1	17.7
100	— 209.352	63.65	15.5	15.0
95	— 209.685	63.315	14.1	—
90	— 210.06	62.94	—	(11.8)
86 ± 4	— 210.52 Erstarrungspunkt	62.48	—	(7.3)

[1]) Auch hier ist, weil üblich, als absoluter Nullpunkt einfach — 273° C. gesetzt statt des bei unseren Messungen sich ergebenden Wertes — 273.04° C. (vergl. oben S. 136).

Dampfspannungstabelle das Dampfdruckgefälle auch für die höheren Drucke, so zeigen sich in dessen Gang ziemliche Unregelmässigkeiten (vergl. S. 37). Als definitive Siedepunkte des auf mindestens 0.3 % reinen Stickstoffs glauben wir auf grund unserer zahlreichen Versuche

— **196.17°** C. (76.87° abs.) ± 0.05 bei **715** mm Druck.

— **195.67°** C. (77.37° abs.) ± 0.05 „ **760** „ „

und als definitiven Erstarrungspunkt

— **210.52°** C. (62.52° abs.) ± 0.2 bei **86 ± 4** mm Druck

angeben zu können, wenn das Constant-Volum-Wasserstoffthermometer als Temperaturmesser dient (vergl. unten S. 150) und als absoluter Nullpunkt — 273.04° C. angenommen wird (vergl. S. 135).

7. Aus der allgemeinen van der Waals'schen Gleichung:

$$\left(\pi + \frac{3}{\varphi^2}\right)(3\varphi - 1) = 8\vartheta$$

folgt, dass bei gleichen reduzierten Siedetemperaturen $\left(\text{reduzierte Siedetemperatur} = \frac{\text{absolute Siedetemperatur}}{\text{kritische Temperatur}}\right)$ für alle Substanzen die reduzierten Dampfdrucke $\left(= \frac{\text{Dampfdrucke}}{\text{kritischen Druck}}\right)$ gleich sein müssen. Nach der Prüfung dieser Folgerung durch van der Waals, Young[1]) und anderen trifft dies Gesetz nicht in dieser Allgemeinheit zu; da jedoch seine Gültigkeit nur bestehen kann, so lange die van der Waals'sche Grundannahme zutrifft, dass Flüssigkeit und Dampf stets dieselbe Molekular-Konstitution besitzen, dass also nicht etwa bei einer Veränderung der Substanz Molekülassoziationen oder Dissoziationen eintreten, so sind die Abweichungen, die man bemerkt hat, sehr verständlich, denn nur wenige Substanzen werden während des Verdampfens ihren Molekularzustand beibehalten. Am ehesten wäre von den

[1]) S. Young, Phil. Mag. 33, S. 153, 1892; 34, S. 505, 1892. Vergl. auch W. Nernst, theoretische Chemie, II. Aufl. S. 230.

schwercoerciblen Gasen ein Verhalten zu erwarten, wie es die van der Waals'sche Gleichung angibt und namentlich Stickstoff und Sauerstoff zeigen auch bei tiefen Temperaturen so geringe Abweichungen vom Mariotte=Gay-Lussac'schen Gesetz,[1]) dass die Frage sich aufdrängt, ob nicht für sie das van der Waals'sche Gesetz zutrifft. Wir berechneten daher für Wasser und Sauerstoff auf grund unserer Untersuchungen und der Wiebe'schen und Broch'schen Tabellen für die Spannkraft des Wasserdampfes und der Estreicher'schen[2]) Werte für die Dampfspannung des Sauerstoffes zu bekannten Drucken p die reduzierten Siedetemperaturen ϑ und ordneten die Dampfdrucke nach den reduzierten Siedetemperaturen. Wenn nun auch die Zahlen für korrespondierende reduzierte Dampfdrucke nicht ihrem absoluten Betrage nach gleich sind, zumal die kritischen Drucke nicht sehr genau ermittelt sind, so ist doch auf grund der van der Waals'schen Gleichung zu erwarten, dass bei gleichen reduzierten Siedetemperaturen zweier Substanzen das Verhältnis der entsprechenden Dampfdrucke eine konstante Grösse ist für beide Substanzen, da ja bei gleichen reduzierten Siedetemperaturen für zwei Substanzen $\frac{p}{p_k} = \frac{p'}{p'_k}$, also $\frac{p}{p'} = \frac{p_k}{p'_k}$ = konstant sein muss, wenn p und p' korrespondierende Drucke und p_k und p'_k die kritischen Drucke für beide Substanzen sind. Das Resultat der Berechnung ist in der folgenden Tabelle dargestellt. Als kritische Daten wurden angenommen

Für Stickstoff[3]) $T_k = 127^0$ abs. Temp. $p_k = 26600$ mm Hg Druck,
" Sauerstoff[4]) $T_k = 154^0$ " " $p_k = 44080$ " " "
" Wasser[5]) $T_k = 637^0$ " " $p_k = 200$ Atmosphären.

---

[1]) J. Dewar (l. c.) und Chemical News 85, S. 73—75, 14. Febr. 1902.

[2]) Estreicher (l. c.) und Travers, Experimental Study of Gases, S, 240, 1902; wir bevorzugen die Estreicher'schen Werte, da er, wie wir, zur Temperaturmessung das Konstant-Volum-Wasserstoffthermometer benützte.

[3]) Dressel, Lehrbuch der Physik I, S. 314, 1900.

[4]) Travers, l. c., S. 247.

[5]) Landolt und Börnstein, Tabellen II. Aufl., S. 90.

Reducierte Siede-temperatur ϑ	Wasser: Druck p mm	Wasser: Reducierter Druck $\pi = \frac{p}{152000}$	Wasser: $\frac{p \text{ Stickstoff}}{p \text{ Wasser}}$	Stickstoff: Druck p mm	Stickstoff: Reducierter Druck $\pi = \frac{p}{26600}$	Sauerstoff: Druck p mm	Sauerstoff: Reducierter Druck $\pi = \frac{p}{44080}$	$\frac{p \text{ Sauerstoff}}{p \text{ Stickstoff}}$
0.4900	—	—	—	(84)	0.00316	107	0.00242	1.27
0,495	—	—	—	90	—	120	—	1.33
0.5000	72	0.000474	1.37	98	0.00369	134	0.00305	1.36
0.5050	85_5	—	1.26	108	0.00406	151	—	1.40
0.5100	101	0.000665	1.19	120	0.00451	169	0.00386	1.41
0.5150	—	—	—	134	—	189		1.41
0.5200	137	0.000901	1.09	149	0.00504	210	0.00477	1.41
0.5250	—	—	—	166	0.00624	233	—	1.40
0.5300	184	0.00121	0.995	183	0.00688	257	0.00584	1.40_5
0.5400	244	0.00161	0.923	225	0.00846	311	0.00706	1.38
0.5450	279	0.00184	0.895	249_5	0.00938	341	0.00774	1.36_5
0.5500	318	0.00210	0.865	275	0.0103_5	372	0.00844	1.35
0.5550	362	0.00238	0.831	303	0.0114_0	404	0.00917	1.33
0.5600	412	0.00271	0.805	332	0.0124_8	440	0.00999	1.32_5
0.5650	466	0.00307	—	—	—	480	0.0109	—
0.5700	529	0.00348	0.760	401	0.0151	524	0.0119	1.30_5
0.5750	597	0.00393	0.733	438	0.0165	576	0.0130	1.31
0.5800	669	0.00440	0.716	478_5	0.0180	632	0.0143	1.32
0.5850	750	0.00494	0.694	520	0.0195_5	690	0.0156	1.32_5
0.5900	—	—	—	563	0.0212	754	0.0171	1.34
0.5950	—	—	—	611	0.0230	—	—	—
0.6000	—	—	—	662	0.0248	—	—	—
0.6050	—	—	—	714	0.0268_2	—	—	—
0.6100	—	—	—	766	0.0288	—	—	—

Es lehrt die vorstehende Tabelle, dass für Sauerstoff und Stickstoff bei gleichen reduzierten Siedetemperaturen das Verhältnis der Drucke nahezu konstant ist, während sich zwischen Wasser und Stickstoff erhebliche Differenzen ergeben. Aus dem Gang der Konstanten würde zu schliessen sein, dass bei niedrigem Druck die Dampfspannung des Stickstoffes im Verhältnis zu der des Sauerstoffes etwas zu niedrig ist; es würden demnach in Stickstoff allenfalls bei niedrigem Drucke Assoziationen von Molekülen stattfinden können, wenn auch nur in unerheblichem Masse. Die korrespondierenden reduzierten Drucke stimmen für Stickstoff und Sauerstoff unvergleichlich besser überein als die für Wasser und Stickstoff.

8. Berechnung der Verdampfungswärme des reinen Stickstoffes. Nachdem in der jüngsten Zeit Dewar[1]) das spezifische Volumen des gesättigten Stickstoffdampfes experimentell bestimmt hat und durch unsere Versuche $\frac{\Delta p}{\Delta T}$ bei 760 mm auf ca. 1 % genau festgestellt ist, so lässt sich die Verdampfungswärme des reinen Stickstoffs nach der Clapeyron'schen Formel

$$r = T(v_1 - v_2) \cdot \frac{dp}{dT}$$

berechnen. Es ist das spezifische Volumen[2]) des flüssigen Stickstoffs

$$v_2 = \frac{1}{0.791} = 1.265 \frac{\text{ccm}}{\text{gr}}$$

das spezifische Volumen des gesättigten Stickstoffdampfes[1])

$$v_1 = \frac{256.83}{90.5} \times 77.33 = 219.5 \frac{\text{ccm}}{\text{gr}}$$

Drückt man $\frac{\Delta p}{\Delta T}$ in $\left[\frac{\text{Dyn}}{\text{cm}^2 \text{ Grad Celsius}}\right]$ aus und nimmt man als Wärmeeinheit die 15 Grad-Grammkalorie, so wird das mechanische Wärmeäquivalent[3])

$$A = 427 \text{ g gew.} \times \text{m} = 419 \times 10^5 \text{ Erg}$$

---

[1]) J. Dewar, Chemical News 85, S. 73—75, 1902.

[2]) Travers, l. c., S. 247.

[3]) M. Planck, Thermodynamik, S. 133.

und es ergibt sich als Verdampfungswärme des reinen Stickstoffes bei seinem normalen Siedepunkt für $p = 760$ mm

$$r = 77.33\,(219.5 - 1.3) \times 91 \times 3.183 \times 10^{-5} = 48.9\,(15^0\text{-Kal.}).$$

Für sehr sauerstoffreiche Luft hat U. Behn[1]) 50.8 Kalorien gefunden, es würde demnach die Verdampfungswärme des Stickstoffs etwas kleiner sein, als die des Sauerstoffs. Macht man die Annahme, dass die spezifischen Volumen des gesättigten Stickstoffdampfes in dem Intervall von 62° bis 77° abs. aus dem von Dewar direkt gemessenen Wert von 256.83 bei 760 mm Druck und 90.5° abs. nach dem Mariotte Gay-Lussac'schen Gesetz berechnet werden können und setzt man für das spezifische Volumen der Flüssigkeit den oben angegebenen Wert ein, so lässt sich auf grund unserer Dampfspannungstabelle die Verdampfungswärme des reinen Stickstoffs bis zu 150 mm Druck mit einer Genauigkeit von ca. 1 bis 3 % berechnen. Die Anwendung des Gasgesetzes dürfte kaum einen grösseren Fehler hervorbringen, da sich durch die Dewar'schen Messungen (l. c. S. 119) ergeben hat, dass das Sauerstoff- und Stickstoff-Gasthermometer bis zu ihren Siedetemperaturen hinab die gleichen Werte wie das Helium- und Wasserstoffthermometer liefern, und dass das spezifische Volumen des gesättigten Sauerstoffdampfes bei dessen normaler Siedetemperatur nur um $231.8 - 225.8 = 6.0 \frac{\text{ccm}}{\text{gr}}$, das ist nur 2.6 % kleiner ist als der nach dem Mariotte=Gay-Lussac'schen Gesetz aus der normalen Gasdichte des Sauerstoffes bei 0° und 760 mm berechnete Wert.[2]) Es ergibt sich nach der Clapeyron'schen Formel für die Verdampfungswärme des reinen Stickstoffs bei niedrigen Drucken p folgende Tabelle, wenn v_1 durch die Formel

$$v_1 = \frac{256.83 \times 760}{90.5} \cdot \frac{T}{p} \frac{\text{ccm}}{\text{gr}}$$

berechnet wird.

---

[1]) U. Behn, Drude's Annalen 1, S. 274. 1900.

[2]) J. Dewar, Proc. Roy. Soc. Vol. 68, 1901; Chem. News. Vol. 83, S. 97, 1900; 85, S. 74, 1902.

Verdampfungswärme des Stickstoffs.

Druck mm Hg	Temperatur absol.	Specifisches Volum des Dampfes $v_1 \left[\frac{ccm}{gr}\right]$	Verdampfungswärme r [15° Cal.]	Für äussere Arbeit verbrauchte Wärme	Für innere Arbeit verbrauchte Wärme
760	77.33	219.5	48.9	5.27	43.6
730	77.00	227.4	49.51	—	—
600	75.44	271.1	49.7	5.15	44.5
500	74.03	319.3	49.7	5.06	44.6
400	72.40	390.3	50.2	4.95	45.2
300	70.42	506.2	51.5	4.82	46.7
250	69.2	596.9	50.1	4.74	45.4
225	67.80	656.8	50.9	—	—
180	67.13	804.2	49.9	4.60	45.3
170	66.78	847.1	50.5	—	—
150	66.45	949.6	50.45	4.53	45.9
120	64.75	1163.6	48.64	4.44	44.2
100	63.65	1372	43.1	4.37	38.7
90	62.94	1508	35.6	4.32	29.3

Es würde demnach die Verdampfungswärme des Stickstoffes und zwar sowohl die gesamte als die innere latente Dampfwärme mit sinkender Temperatur erst anwachsen, ein Maximum zwischen 400 mm und 150 mm erreichen, um dann sehr rasch abzunehmen. Die Schwankungen in den einzelnen Werten sind durch den grossen Einfluss der nur schwer bestimmbaren Grösse $\frac{dp}{dT}$ verursacht. Man sieht aber aus der Tabelle, dass jedenfalls die Untersuchung der Verdampfungswärme des Stickstoffs in der Nähe seines Erstarrungspunktes besonderes Interesse verdient. Sie dürfte über die oben erwähnten (S. 140) Abweichungen bezüglich der Ramsay'schen Formel näheren Aufschluss geben. Der eine von uns ist zur Zeit damit beschäftigt, diese Grösse experimentell zu bestimmen. Ein ähnliches Verhalten wie das des Stickstoffs wäre, ist bei der Essigsäure bereits bekannt.[1])

---

[1]) W. Ramsay und S. Young, Zeitschrift f. Physikal. Chem. 1, S. 256, 1887.

9. Die Kenntnis der Verdampfungswärme des reinen Stickstoffes ermöglicht nun die bereits oben (S. 133) erwähnte Bemerkung, dass bei verschiedenen Stickstoffproben Siedepunktserhöhung und Gefrierpunktserniedrigung parallel auftreten, quantitativ näher zu verfolgen. Fasst man nämlich flüssige Luft als Lösung von Sauerstoff in Stickstoff auf, und wendet man die allgemeine van t'Hoff'sche Formel für die Siedepunktserhöhung,[1]) welche ein Molekül des gelösten Stoffes (Sauerstoff) in 100 g des Lösungsmittels (Stickstoff) hervorbringt, auf unseren Fall an, so wird nach van t'Hoff

$$T - T_0 = \frac{0.0198 \times T_0^2}{r},$$

$$T - T_0 = \frac{0.0198}{48.9} \times 77.33^2 = 2.44^\circ$$

bei 760 mm Druck; das wäre also die Siedepunktserhöhung, welche 32 g Sauerstoff in 100 g Stickstoff hervorbringen. Es würde daraus

für 1 g Sauerstoff in 100 g Stickstoff 0,0768° Siedep. = Erhöhung

folgen. Nehmen wir an, wir hätten bei unseren Versuchen Stickstoff gehabt, der im Maximum 0,5 % Sauerstoff enthielt, so würde das eine Siedepunktserhöhung von 0,038° geben, also eine Unsicherheit liefern, die kleiner ist als die oben angegebene Fehlergrenze, die wir bereits vor der Berechnung der Siedepunktserhöhung angenommen hatten. Es lässt sich diese Auffassung der flüssigen Luft als Lösung von Sauerstoff in Stickstoff zahlenmässig prüfen durch die Beobachtungen Baly's[2]) über die Aenderung der Siedetemperatur normal

---

[1]) M. Planck, Thermodyn. S. 233, 1897 und Kohlrausch, Lehrbuch der pr. Phys., 9. Aufl., S. 170, 1901. Der Dampf eines Gemisches von Sauerstoff und Stickstoff enthält nach Baly Phil. Mag. 49, S. 519, 1900 einen sehr viel kleineren Procentgehalt an Sauerstoff als die Flüssigkeit, so dass die Dampfspannung des Sauerstoffs im Dampfe angenähert vernachlässigt werden kann, so lange die Flüssigkeit nicht mehr als 10 bis 20 % Sauerstoff enthält.

[2]) E. C. C. Baly. Phil. Mag. 49, S. 521, 1900.

siedender Gemische von Sauerstoff und Stickstoff. In der folgenden Tabelle enthält I und II die Beobachtungen Baly's, III die dadurch bestimmten Siedepunktsdifferenzen; in IV sind die aus der allgemeinen van t'Hoff'schen Gleichung berechneten Siedepunktserhöhungen eingetragen, und in V die Siedepunktsdifferenzen, welche sich ergeben, wenn man als Wert für den Siedepunkt des reinen Stickstoffs unseren Wert 77,33° abs. annimmt, im übrigen aber die Baly'schen Zahlen verwendet.

Siedepunktserhöhungen des Stickstoffs bei 760 mm Druck.

Baly's Beobachtungen		III.	IV	V
I % Sauerstoff	II Absol. Siede-temperatur	Mit Baly's Siedepunkt 77.54 abs. erhalten	Nach van t' Hoff berechnet	Mit unserem Siedepunkt 77.33 ± 0.05° berechnet
0.00	77.54	0.00	0.00	
8.10	78.0	0.46	0.62	0.67 ± 0.05
15.25	78.5	0.96	1.16	1.17 ± 0.05
21.60	79.0	1.46	1.64	1.67 ± 0.05
27.67	79.5	1.96	2.105	2.17 ± 0.05

Die Tabelle gibt eine Uebereinstimmung mit der van t'Hoff'schen Formel, die überraschend gut ist. Der Unterschied zwischen den mit Hilfe des Baly'schen Siedepunktes des reinen Stickstoffes ermittelten Siedepunktserhöhungen und den nach van t'Hoff berechneten legt den Schluss nahe, dass der Baly'sche Stickstoff nicht genügend rein war, da die Differenzen zwischen den entsprechenden Zahlen in Kolumne III und IV konstant sind; der Unterschied von 0,18° würde einer Verunreinigung von $\frac{0.18}{0.076} = 2.4\,\%$ Sauerstoff entsprechen, d. i. eine Verunreinigung, die sehr leicht unterläuft, wenn man sich nicht sehr in Acht nimmt, den Stickstoff mit Luft nicht in Berührung zu bringen; schon wenn der Stickstoff vor der Verflüssigung in einem Gasometer aufgefangen wird, erhält man leicht 2 % Sauerstoff beigemengt.

Allein es kann die Differenz von 77.54 — 77.37 = 0.17° zwischen unserem Werte für den Siedepunkt des reinen Stickstoffs und dem Baly'schen auch davon herrühren, dass Baly erstens mit einem Wasserstoffthermometer für konstanten Druck, wir mit einem solchen für konstantes Volum die Temperaturen bestimmten und dass zweitens Baly wahrscheinlich einen anderen Temperaturkoeffizienten für Wasserstoff angenommen hat als wir; Baly gibt leider in seiner Arbeit diesen nicht an. Wahrscheinlich hat Baly den Wert α (für konstanten Druck) = 0.0036600 verwendet, den Travers (Experimental Study of Gases S. 151, 1901) angibt. Es würde in diesem Falle als absoluter Nullpunkt — 273.22 zu nehmen sein d. h. derselbe um 0.18° tiefer liegen als für das Konstantvolumwasserstoffthermometer, für das α (für konstantes Volum) = 0.0036625 gesetzt wird; dann würde unsere Beobachtung des Siedepunktes des reinen Stickstoffs mit jener Baly's bis auf 0.17—0.14 = 0.03° genau übereinstimmen.

Die experimentelle Feststellung der Gefrierpunktserniedrigung des Stickstoffs, die sich ohne besondere Schwierigkeit anstellen lässt, und die Beobachtungen der Schmelzwärme des Stickstoffs würde die obige Ansicht über die Natur der flüssigen Luft noch weiter zu prüfen gestatten; nimmt man an, dass sie bereits durch Vergleich der theoretisch und experimentell ermittelten Siedepunktserhöhungen genügend begründet ist, so würde die experimentelle Ermittlung der Gefrierpunktserniedrigung allein zur Berechnung der Schmelzwärme nach der van t'Hoff'schen Formel dienen können. Nach dem Verhalten der Lösungen zu schliessen, würde Stickstoff bei genügend tiefer Temperatur aus flüssiger Luft ausgefällt werden können und damit ein sehr vollständiges Trennungsverfahren für Sauerstoff und Stickstoff erzielbar sein. Der eine von uns ist nach dieser Richtung hin mit Versuchen beschäftigt.

Sitzung vom 7. Juni 1902.

1. Herr Carl v. Linde macht eine Mittheilung über: „Beobachtungen bei der fractionirten Destillation und Rectification flüssiger Luft". Dieselbe wird anderweit zur Veröffentlichung gelangen.

2. Herr Ferd. Lindemann legt eine Abhandlung: „Ueber das Pascal'sche Sechseck" vor.

3. Herr K. A. v. Zittel überreicht eine Arbeit des Obermedizinalrathes a. D. Dr. Joseph Georg Egger: „Ergänzungen zum Studium der Foraminiferen-Familie der Orbitoliniden" (mit 2 Tafeln). Dieselbe ist für die Denkschriften bestimmt.

4. Herr Alfr. Pringsheim macht eine Mittheilung: „Zur Theorie der ganzen transcendenten Funktionen".

5. Herr Aug. Rothpletz hält einen Vortrag: „Ueber den Ursprung der Thermalquellen zu St. Moritz".

Ueber das Pascal'sche Sechseck.

Von **F. Lindemann.**

(Eingelaufen 7. Juni.)

Es gibt eine ausserordentlich grosse Zahl von Lagenbeziehungen zwischen den Punkten und Linien der vollständigen Figur des Pascal'schen Sechsecks. Sie beziehen sich meistens auf die Steiner'schen und Kirkman'schen Punkte, in denen sich die Pascal'schen Linien zu dreien schneiden, und auf die Gruppirung dieser Punkte auf gewissen anderen Geraden. Im Folgenden soll eine Lagenbeziehung abgeleitet werden, die sich auf einfache Schnittpunkte der Pascal'schen Linien mit solchen Verbindungslinien Pascal'scher Punkte bezieht, die nicht selbst Pascal'sche Linien sind.

Wir bezeichnen die sechs Punkte des Kegelschnittes in üblicher Weise mit den Ziffern 1, 2, 3, 4, 5, 6, ferner die Verbindungslinie der Punkte 1 und 2 z. B. durch das Symbol $1 - 2$ und den Schnittpunkt der Linien $1 - 2$ und $3 - 4$ durch das Symbol

$$(12 - 34).$$

Auf einer Pascal'schen Linie befinden sich dann z. B. die drei Pascal'schen Punkte

$$(12 - 34),\ (35 - 26),\ (46 - 15).$$

Nach dem Vorgange von Salmon bezeichnen wir diese Linie durch das Symbol

$$\begin{Bmatrix} 12 \cdot 35 \cdot 46 \\ 34 \cdot 26 \cdot 15 \end{Bmatrix},$$

das mit den Symbolen

$$\left\{\begin{matrix} 35 \cdot 46 \cdot 12 \\ 26 \cdot 15 \cdot 34 \end{matrix}\right\}, \left\{\begin{matrix} 46 \cdot 35 . 12 \\ 15 \cdot 26 \cdot 34 \end{matrix}\right\}$$

gleichbedeutend ist; in jeder der beiden Horizontalreihen dieses Symbols muss jeder der sechs Punkte gerade einmal vorkommen. Diese 60 Pascal'schen Linien schneiden sich zu dreien in den 45 Steiner'schen Punkten; z. B. die drei Linien

$$\left\{\begin{matrix} 12 \cdot 35 \cdot 46 \\ 34 \cdot 26 \cdot 15 \end{matrix}\right\}, \left\{\begin{matrix} 34 \cdot 26 \cdot 15 \\ 56 \cdot 14 \cdot 23 \end{matrix}\right\}, \left\{\begin{matrix} 56 \cdot 14 \cdot 23 \\ 12 \cdot 35 \cdot 46 \end{matrix}\right\}$$

gehen durch einen Steiner'schen Punkt, den wir mit Salmon durch das Symbol

$$\left\{\begin{matrix} 12 \cdot 35 \cdot 46 \\ 34 \cdot 26 \cdot 15 \\ 56 . 14 \cdot 23 \end{matrix}\right\}$$

bezeichnen. Jede der Ziffern 1, ... 6 steht hier in jeder Horizontal- und Vertical-Reihe je einmal; vertauscht man die Horizontalreihen unter einander oder die Verticalreihen unter einander, so bleibt der so bezeichnete Punkt ungeändert.

Ausserdem schneiden sich die 60 Pascal'schen Linien zu je dreien in den 45 Kirkman'schen Punkten, z. B. die drei Linien

$$\left\{\begin{matrix} 12 \cdot 35 \cdot 46 \\ 34 \cdot 26 \cdot 15 \end{matrix}\right\}, \left\{\begin{matrix} 34 \cdot 26 \cdot 15 \\ 56 \cdot 13 \cdot 24 \end{matrix}\right\}, \left\{\begin{matrix} 56 \cdot 13 \cdot 24 \\ 12 \cdot 46 \cdot 35 \end{matrix}\right\}$$

in einem Punkte, den wir (wieder mit Salmon) durch das Symbol

$$\left\{\begin{matrix} \overline{12} \cdot 35 \cdot 46 \\ 34 \cdot 26 \cdot 15 \\ 56 \cdot 13 \cdot 24 \end{matrix}\right\}$$

bezeichnen, wobei wieder die Anordnung der Verticalreihen und der Horizontalreihen je unter sich gleichgültig ist. Derselbe Punkt würde überdies durch die Symbole

$$\left\{\begin{matrix} \overline{12} \cdot 46 \cdot 35 \\ 56 \cdot 13 \cdot 24 \\ 34 \cdot 26 \cdot 15 \end{matrix}\right\} \text{ oder } \left\{\begin{matrix} \overline{34} \cdot 26 \cdot 15 \\ 56 \cdot 13 \cdot 24 \\ 12 \cdot 46 \cdot 35 \end{matrix}\right\}$$

bezeichnet werden; denn die Linien

$$\left\{\begin{matrix} 12\cdot 46\cdot 35 \\ 56\cdot 13\cdot 24 \end{matrix}\right\}, \left\{\begin{matrix} 56\cdot 13\cdot 24 \\ 34\cdot 26\cdot 15 \end{matrix}\right\}, \left\{\begin{matrix} 34\cdot 26\cdot 15 \\ 12\cdot 35\cdot 46 \end{matrix}\right\}$$

oder

$$\left\{\begin{matrix} 34\cdot 26\cdot 15 \\ 56\cdot 13\cdot 24 \end{matrix}\right\}, \left\{\begin{matrix} 56\cdot 13\cdot 24 \\ 12\cdot 46\cdot 35 \end{matrix}\right\}, \left\{\begin{matrix} 12\cdot 46\cdot 35 \\ 34\cdot 15\cdot 26 \end{matrix}\right\}$$

sind vor den zuerst gegebenen drei Linien nicht verschieden. In dem Symbole des Kirkman'schen Punktes ist eine Verticalreihe vor den beiden anderen ausgezeichnet, indem nur diese alle sechs Punkte ohne Auslassung und ohne Wiederholung enthält; diese Verticalreihe ist durch einen darüber gesetzten horizontalen Strich markirt.

Auf jeder Pascal'schen Linie gibt es drei solche Kirkman'sche Punkte, z. B. auf der Linie

$$\left\{\begin{matrix} 12\cdot 34\cdot 56 \\ 45\cdot 16\cdot 23 \end{matrix}\right\}$$

die Punkte

$$\left\{\begin{matrix} \overline{12}\cdot 34\cdot 56 \\ 45\cdot 16\cdot 23 \\ 36\cdot 24\cdot 15 \end{matrix}\right\}, \left\{\begin{matrix} 12\cdot \overline{34}\cdot 56 \\ 45\cdot 16\cdot 23 \\ 13\cdot 25\cdot 46 \end{matrix}\right\}, \left\{\begin{matrix} 12\cdot 34\cdot \overline{56} \\ 45\cdot 16\cdot 23 \\ 26\cdot 35\cdot 14 \end{matrix}\right\}.$$

Ferner liegen zwanzigmal drei Kirkman'sche Punkte mit einem Steiner'schen Punkte auf einer Cayley-Salmon'schen Geraden, und zwar z. B. die drei Punkte

$$\left\{\begin{matrix} \overline{12}\cdot 35\cdot 46 \\ 45\cdot 26\cdot 13 \\ 36\cdot 15\cdot 24 \end{matrix}\right\}, \left\{\begin{matrix} 15\cdot \overline{34}\cdot 26 \\ 24\cdot 16\cdot 35 \\ 13\cdot 25\cdot 46 \end{matrix}\right\}, \left\{\begin{matrix} 13\cdot 24\cdot \overline{56} \\ 46\cdot 15\cdot 23 \\ 35\cdot 26\cdot 14 \end{matrix}\right\}$$

mit dem Steiner'schen Punkte

$$\left\{\begin{matrix} 12\cdot 34\cdot 56 \\ 45\cdot 16\cdot 23 \\ 36\cdot 25\cdot 14 \end{matrix}\right\}.$$

Die Beweise für diese und viele andere Sätze werden bekanntlich am leichtesten mittelst des Desargues'schen Satzes

über perspectivisch liegende Dreiecke geführt,[1]) der auch die Grundlage der folgenden Betrachtung bildet.

Es seien zwei Dreiecke Δ_1 und Δ_2, bezw. durch die folgenden Linien gebildet:

$$\Delta_1 : l_1 \text{ oder } 1-2, \qquad l_2 \text{ oder } 3-4, \qquad l_3 \text{ oder } 5-6;$$

$$\Delta_2 : \lambda_1 = \begin{Bmatrix} 12\cdot35\cdot46 \\ 45\cdot16\cdot23 \end{Bmatrix}, \quad \lambda_2 = \begin{Bmatrix} 16\cdot35\cdot42 \\ 34\cdot26\cdot15 \end{Bmatrix}, \quad \lambda_3 = \begin{Bmatrix} 13\cdot56\cdot24 \\ 46\cdot23\cdot15 \end{Bmatrix};$$

Die Seiten der Dreiecke mögen einander so zugeordnet werden, wie sie hier unter einander stehen.

Entsprechende Seiten der Dreiecke Δ_1 und Δ_2 schneiden sich dann in den Pascal'schen Punkten

$$(12-45), \quad (34-16), \quad (23-56),$$

welche sich auf der Pascal'schen Linie

$$L = \begin{Bmatrix} 12\cdot34\cdot56 \\ 45\cdot16\cdot23 \end{Bmatrix}$$

befinden. Diese beiden Dreiecke liegen also perspectivisch, und es müssen auch die Verbindungslinien entsprechender Ecken durch einen Punkt gehen. Als Ecken von Δ_1 haben wir die Pascal'schen Punkte

$$(34-56), \quad (56-12), \quad (12-34),$$

und als zugeordnete Ecken von Δ_2 zwei mit P und Q bezeichnete Punkte und einen Pascal'schen Punkt, nemlich

$$(15-24), \qquad P, \qquad Q,$$

wobei also P den Schnittpunkt der Linien

$$\begin{Bmatrix} 13\cdot56\cdot24 \\ 46\cdot23\cdot15 \end{Bmatrix} \text{ und } \begin{Bmatrix} 12\cdot35\cdot46 \\ 45\cdot16\cdot23 \end{Bmatrix}$$

[1]) Vgl. die zahlreichen Anwendungen dieser Beweismethode bei P. Veronese, Nuovi teoremi sull' Hexagrammum mysticum, Atti della R. Accademia dei Lincei; Ser. III, classe di sc. fis., mat. e naturw. 1877 und Wedekind, Lagenbeziehungen bei ebenen, perspectivischen Dreiecken, Math. Annalen, Bd. 16, 1879.

oder kurz den Punkt

$$P = \left[\begin{Bmatrix} 13 \cdot 56 \cdot 24 \\ 46 \cdot 23 \cdot 15 \end{Bmatrix} - \begin{Bmatrix} 12 \cdot 35 \cdot 46 \\ 45 \cdot 16 \cdot 23 \end{Bmatrix}\right]$$

bezeichnet, und ebenso Q den Punkt

$$Q = \left[\begin{Bmatrix} 12 \cdot 35 \cdot 46 \\ 45 \cdot 16 \cdot 23 \end{Bmatrix} - \begin{Bmatrix} 16 \cdot 35 \cdot 42 \\ 34 \cdot 26 \cdot 15 \end{Bmatrix}\right].$$

Die Verbindungslinie der Ecke (34 — 56) von Δ_1 mit der zugeordneten Ecke (15 — 24) von Δ_2 ist die Pascal'sche Linie

$$\Delta = \begin{Bmatrix} 34 \cdot 15 \cdot 26 \\ 56 \cdot 24 \cdot 13 \end{Bmatrix},$$

diese geht also durch den Schnittpunkt der Linien

$$[P - (56 - 12)] \text{ und } [Q - (12 - 34)],$$

den wir zur Abkürzung als Punkt E bezeichnen.

Um zu einem solchen Punkt E zu gelangen, theilt man die sechs gegebenen Punkte in drei Paare, etwa: 1 — 2, 3 — 4, 5 — 6 (was auf 15 Arten geschehen kann); dadurch ist die zu benutzende und oben definierte Pascal'sche Linie L nicht eindeutig bestimmt, kann vielmehr durch eine der folgenden ersetzt werden:

$$L' = \begin{Bmatrix} 12 \cdot 56 \cdot 34 \\ 46 \cdot 23 \cdot 15 \end{Bmatrix}, \quad L'' = \begin{Bmatrix} 12 \cdot 56 \cdot 34 \\ 35 \cdot 24 \cdot 16 \end{Bmatrix}, \quad L''' = \begin{Bmatrix} 12 \cdot 56 \cdot 34 \\ 45 \cdot 13 \cdot 26 \end{Bmatrix},$$

$$L^{(4)} = \begin{Bmatrix} 12 \cdot 56 \cdot 34 \\ 36 \cdot 24 \cdot 15 \end{Bmatrix}, \quad L^{(5)} = \begin{Bmatrix} 12 \cdot 56 \cdot 34 \\ 46 \cdot 13 \cdot 25 \end{Bmatrix},$$

$$L^{(6)} = \begin{Bmatrix} 12 \cdot 56 \cdot 34 \\ 35 \cdot 14 \cdot 26 \end{Bmatrix}, \quad L^{(7)} = \begin{Bmatrix} 12 \cdot 56 \cdot 34 \\ 36 \cdot 14 \cdot 25 \end{Bmatrix}.$$

Hat man L unter diesen acht Linien ausgewählt, so gibt es zu jeder noch drei Linien Δ; bei der oben gewählten war das Paar 1 — 2 ausgezeichnet; mit ihr gleichberechtigt sind die beiden:

$$\Delta_1 = \begin{Bmatrix} 12 \cdot 35 \cdot 46 \\ 56 \cdot 42 \cdot 31 \end{Bmatrix}, \quad \Delta_2 = \begin{Bmatrix} 12 \cdot 53 \cdot 64 \\ 34 \cdot 62 \cdot 51 \end{Bmatrix}.$$

Durch L und Λ ist dann λ_1 eindeutig bestimmt, ebenso λ_2 und λ_3, denn die zu λ_1 in Δ_2 gegenüber liegende Ecke ist durch die Schnittpunkte der Linien l_2 und l_3 mit L, d. h. durch die Punkte (23 — 56) und (34 — 16) vollkommen bestimmt. Im Ganzen gibt es hiernach

$$15 \cdot 8 \cdot 3 = 360$$

Punkte E; auf jeder Pascal'schen Linie befinden sich also sechs solche Punkte.

Gehen wir z. B. von der Pascal'schen Linie Λ aus, wo wieder

$$\Lambda = \begin{Bmatrix} 34 \cdot 15 \cdot 26 \\ 56 \cdot 24 \cdot 13 \end{Bmatrix}$$

gewählt wurde, so wird auf ihr ein Punkt E bestimmt sein, sobald noch eine zugehörige Linie L passend gewählt ist; das kann aber in der That auf sechs verschiedene Arten geschehen; und zwar findet man je zwei Linien L für jede der drei noch möglichen Theilungen der sechs Punkte in drei Paare:

I 34, 56, 12,
II 15, 24, 36,
III 26, 13, 45.

Für I ergibt sich:

$$L_I = \begin{Bmatrix} 12 \cdot 34 \cdot 56 \\ 45 \cdot 16 \cdot 23 \end{Bmatrix}, \quad L_I' = \begin{Bmatrix} 12 \cdot 34 \cdot 56 \\ 36 \cdot 25 \cdot 14 \end{Bmatrix};$$

ebenso:

$$L_{II} = \begin{Bmatrix} 36 \cdot 15 \cdot 24 \\ 45 \cdot 32 \cdot 61 \end{Bmatrix}, \quad L_{II}' = \begin{Bmatrix} 36 \cdot 15 \cdot 24 \\ 12 \cdot 46 \cdot 35 \end{Bmatrix};$$

$$L_{III} = \begin{Bmatrix} 45 \cdot 26 \cdot 13 \\ 12 \cdot 35 \cdot 46 \end{Bmatrix}, \quad L_{III}' = \begin{Bmatrix} 45 \cdot 26 \cdot 13 \\ 36 \cdot 14 \cdot 25 \end{Bmatrix}.$$

Je zwei zusammengehörige Linien schneiden sich in einem Steiner'schen Punkte; diese Punkte nennen wir S_I, S_{II}, S_{III}, nemlich:

$$S_I = \begin{Bmatrix} 12 \cdot 34 \cdot 56 \\ 45 \cdot 16 \cdot 23 \\ 36 \cdot 25 \cdot 14 \end{Bmatrix}, \quad S_{II} = \begin{Bmatrix} 36 \cdot 15 \cdot 24 \\ 45 \cdot 32 \cdot 61 \\ 12 \cdot 46 \cdot 35 \end{Bmatrix}, \quad S_{III} = \begin{Bmatrix} 45 \cdot 26 \cdot 13 \\ 12 \cdot 35 \cdot 46 \\ 36 \cdot 14 \cdot 25 \end{Bmatrix}.$$

Den drei Symbolen ist die erste Verticalreihe gemeinsam; ihnen beigeordnet ist ein vierter Punkt

$$S_{IV} = \begin{Bmatrix} 34 \cdot 56 \cdot 12 \\ 15 \cdot 24 \cdot 36 \\ 26 \cdot 13 \cdot 45 \end{Bmatrix},$$

dessen Symbol dieselbe Verticalreihe enthält.

Vertauschen wir entweder 4 mit 5 oder 3 mit 6 oder 1 mit 2 und ersetzen dem entsprechend $\varLambda$ bes. durch

$$\varLambda''' = \begin{Bmatrix} 35 \cdot 14 \cdot 26 \\ 46 \cdot 25 \cdot 13 \end{Bmatrix}, \quad \varLambda'' = \begin{Bmatrix} 46 \cdot 15 \cdot 23 \\ 35 \cdot 24 \cdot 16 \end{Bmatrix}, \quad \varLambda' = \begin{Bmatrix} 34 \cdot 25 \cdot 16 \\ 56 \cdot 14 \cdot 23 \end{Bmatrix},$$

so werden statt der Punkte S_I, S_{II}, S_{III} bes. die Punkte

$$\begin{array}{llll} S_{II}, & S_I, & S_{IV} & \text{für } \varLambda''' \\ S_{III}, & S_{IV}, & S_I & \;\;\text{„} \;\; \varLambda'' \\ S_{IV}, & S_{III}, & S_{II} & \;\;\text{„} \;\; \varLambda' \end{array}$$

benutzt. Je vier Linien $\varLambda$ führen also hierbei auf dieselbe Gruppe von vier Steiner'schen Punkten, wie es sein muss, da es 60 Pascal'sche Linien und nur 15 solche Gruppen von Steiner'schen Punkten gibt.

Zu jedem Steiner'schen Punkte gehört bekanntlich ein conjugirter; er ist conjugirter Pol desselben sowohl in Bezug auf den Kegelschnitt, der die Punkte 1, 2, 3, 4, 5, 6 enthält, als in Bezug auf einen der zehn zugehörigen Bauer'schen Kegelschnitte;[1]) man erhält ihn, indem man Horizontal- und Verticalreihen im Symbole des gegebenen Steiner'schen Punktes vertauscht. Zu S_{IV} ist so der Steiner'sche Punkt

$$S'_{IV} = \begin{Bmatrix} 34 \cdot 15 \cdot 26 \\ 56 \cdot 24 \cdot 13 \\ 12 \cdot 36 \cdot 45 \end{Bmatrix}$$

conjugirt; er befindet sich auf der Linie $\varLambda$, von der wir ausgingen; ebenso liegen die zu S_{III}, S_{II}, S_I conjugirten Punkte

[1]) Vgl. G. Bauer, Ueber das Pascal'sche Theorem, Abhandlungen d. k. bayer. Akademie, II. Classe, Bd. 9. 1874.

bez. auf den Linien A''', A'', A'. Diese vier conjugirten Punkte befinden sich überdies auf einer sogenannten Steiner'schen Geraden.

Bringt man die Linien L in anderer Anordnung zum Schnitte, so ergeben sich drei Kirkman'sche Punkte, deren Symbole eine gemeinsame Verticalreihe haben, nemlich

$$(L_I - L_{II}) = \left\{\begin{matrix} \overline{45} \cdot 66 \cdot 23 \\ 12 \cdot 34 \cdot 56 \\ 36 \cdot 15 \cdot 24 \end{matrix}\right\}, \quad (L'_{II} - L_{III}) = \left\{\begin{matrix} \overline{12} \cdot 46 \cdot 35 \\ 36 \cdot 15 \cdot 24 \\ 45 \cdot 13 \cdot 26 \end{matrix}\right\},$$

$$(L'_I - L'_{III}) = \left\{\begin{matrix} \overline{45} \cdot 26 \cdot 13 \\ 36 \cdot 14 \cdot 25 \\ 12 \cdot 56 \cdot 34 \end{matrix}\right\}.$$

Diese einzelnen Bemerkungen sind Folgen der Thatsache, von der wir ausgingen, und die wir dahin aussprechen können, dass zu jedem Dreiecke, dessen Seiten die Ecken des Sechsecks enthält, acht Gruppen von je drei Dreiecken gehören, deren Seiten Pascal'sche Linien sind, und deren jedes zum ersten Dreiecke perspectivisch liegt.

Geht man andererseits von der Linie

$$\lambda_1 = \left\{\begin{matrix} 12 \cdot 35 \cdot 46 \\ 45 \cdot 16 \cdot 23 \end{matrix}\right\}$$

aus, so können die zugehörigen Paare λ_2 und λ_3 auf drei verschiedene Weisen nach leicht erkennbarem Gesetze gewählt werden, nemlich

$$\lambda_2 = \left\{\begin{matrix} 46 \cdot 23 \cdot 15 \\ 13 \cdot 56 \cdot 24 \end{matrix}\right\}, \quad \lambda_3 = \left\{\begin{matrix} 35 \cdot 16 \cdot 24 \\ 26 \cdot 34 \cdot 15 \end{matrix}\right\},$$

$$\lambda'_2 = \left\{\begin{matrix} 35 \cdot 16 \cdot 24 \\ 14 \cdot 25 \cdot 36 \end{matrix}\right\}, \quad \lambda'_3 = \left\{\begin{matrix} 12 \cdot 45 \cdot 36 \\ 56 \cdot 13 \cdot 24 \end{matrix}\right\},$$

$$\lambda''_2 = \left\{\begin{matrix} 12 \cdot 45 \cdot 36 \\ 34 \cdot 26 \cdot 15 \end{matrix}\right\}, \quad \lambda''_3 = \left\{\begin{matrix} 46 \cdot 23 \cdot 15 \\ 25 \cdot 14 \cdot 36 \end{matrix}\right\}.$$

Diese Linien schneiden sich paarweise in Steiner'schen Punkten, nemlich es ist

$$(\lambda_3' \lambda_2'') = \begin{Bmatrix} 12 \cdot 45 \cdot 36 \\ 34 \cdot 26 \cdot 15 \\ 56 \cdot 13 \cdot 24 \end{Bmatrix} = \Sigma_1,$$

$$(\lambda_2 \lambda_3'') = \begin{Bmatrix} 46 \cdot 23 \cdot 15 \\ 13 \cdot 56 \cdot 24 \\ 25 \cdot 14 \cdot 36 \end{Bmatrix} = \Sigma_2,$$

$$(\lambda_3 \lambda_2') = \begin{Bmatrix} 35 \cdot 16 \cdot 24 \\ 26 \cdot 34 \cdot 15 \\ 14 \cdot 25 \cdot 36 \end{Bmatrix} = \Sigma_3.$$

Den drei Symbolen ist die letzte Verticalreihe gemeinsam; den dazu gehörigen vierten Punkt mit gleicher Verticalreihe erkennt man als identisch mit dem obigen Punkte S_{IV}, welcher auf $\varLambda$ liegt. Die Punkte Σ_2 und Σ_3 haben mit den Punkten S_I und S_{III} die Horizontalreihe 36 — 14 — 25 gemeinsam; diese vier Punkte befinden sich daher auf einer Steiner'schen Geraden.

Geht man von einer Pascal'schen Linie (λ_1) aus, so gibt es auf derselben hiernach drei Paare von Punkten (P, Q), in denen sie von anderen Pascal'schen Linien (λ_2 und λ_3) so geschnitten wird, dass die Verbindungslinien dieser Schnittpunkte mit gewissen Pascal'schen Punkten (Schnitten von l_1 mit l_2 und l_3) sich auf einer Pascal'schen Linie treffen.

Zur Theorie der ganzen transcendenten Functionen.

Von **Alfred Pringsheim.**

(*Eingelaufen 30. Juni.*)

Herr Poincaré hat bereits im Jahre 1883 einen Satz bewiesen,[1]) welcher eine Beziehung angiebt zwischen dem infinitären Verhalten einer ganzen transcendenten Function $g(x) = \sum c_\nu x^\nu$ für $|x| = \infty$ und demjenigen der Coefficienten c_ν für $\nu = \infty$. Darnach hat man allemal:[2])

$$\lim_{\nu=\infty} (\nu!)^{\frac{1}{m}} \cdot c_\nu = 0,$$

wenn für jedes beliebig kleine $\varepsilon > 0$ die Bedingung erfüllt ist:

$$\lim_{x=\infty} e^{-\varepsilon \cdot |x|^m} \cdot g(x) = 0 \quad (m \text{ eine natürliche Zahl}),$$

anders ausgesprochen, wenn zu jedem $\varepsilon > 0$ eine positive Zahl R_ε existirt, sodass:

$$|g(x)| < e^{\varepsilon \cdot |x|^m} \quad \text{für } |x| > R_\varepsilon.$$

---

[1]) Bulletin de la soc. math. de France, T. 11 (1883), p. 142.

[2]) Aus dem von Herrn Poincaré gegebenen Beweise folgt sogar (ohne dass es a. a. O. ausdrücklich erwähnt wird):

$$\lim_{\nu=\infty} \sqrt[\nu]{(\nu!)^{\frac{1}{m}} \cdot c_\nu} = 0.$$

Späterhin hat Herr Hadamard[1]) gezeigt, dass der Satz nicht nur merklich verallgemeinert, in's besondere ohne weiteres auf beliebige positive m übertragen werden kann,[2]) sondern dass derartige Sätze bei geeigneter Formulirung auch umkehrbar sind.[3])

Da die betreffenden Beweise durchweg ziemlich complicirte Hülfsmittel verwenden[4]) und es mir andererseits wünschenswerth erschien, jene Sätze in passendem Umfange für die elementare Functionen-Theorie zu gewinnen, so habe ich versucht, dieselben in möglichst elementarer Weise neu zu begründen. Die im folgenden mitzutheilenden Beweise scheinen mir, abgesehen von der Geringfügigkeit der hierzu aufgewendeten Hülfsmittel, auch grössere Präcision und einen tieferen Einblick in Grundlage und Wesen der fraglichen Beziehungen zu geben: diese gruppiren sich in sehr übersichtlicher Weise um einen lediglich auf gewisse Reihen mit positiven Termen bezüglichen Hauptsatz (§ 1 und, vermittelst eines elementaren Hülfssatzes § 2, in verallgemeinerter Form § 3), dessen dualistische Fassung unmittelbar auch das Maass ihrer Umkehrbarkeit erkennen lässt (§ 4, § 5). Eine einfache Ueberlegung zeigt dann, wie die für jene Reihen mit positiven Termen gewonnenen Resultate für die Theorie der ganzen transcendenten Functionen nutzbar gemacht werden können (§ 6).

---

[1]) Étude sur les propriétés des fonctions entières etc.: Journ. de Math., Série IV, T. 9 (1893), p. 171 ff.

[2]) a. â. O. p. 183.

[3]) a. a. O. p. 180.

[4]) Man vergleiche auch die Dissertation von K. von Schaper: Ueber die Theorie der Hadamard'schen Functionen etc. (Göttingen, 1898) p. 15—22. — E. Borel, Leçons sur les fonctions entières (Paris 1900), p. 53—56. — Ernst Lindelöf, Mémoire sur la théorie des fonctions entières de genre fini: Acta soc. scient. Fennicae, T. 31 (1902), p. 33 ff.

§ 1.

Es bedeute r eine reelle positive Veränderliche, $\sum c_\nu r^\nu$ und $\sum C_\nu r^\nu$ je eine beständig convergirende Reihe mit reellen, nicht-negativen Coefficienten.

Hauptsatz: *Besteht von den beiden Beziehungen:*

$$\left.\begin{aligned} &(1^a) \qquad \sum_0^\infty{}^\nu c_\nu r^\nu \leqq A \cdot e^{\gamma r} \\ &(1^b) \qquad \sum_0^\infty{}^\nu C_\nu r^\nu \geqq A \cdot e^{\gamma r} \end{aligned}\right\} (A > 0,\ \gamma > 0)$$

die erste für alle r, welche eine gewisse positive Zahl R übersteigen, die zweite zum mindesten für unendlich viele r, unter denen auch beliebig grosse vorkommen, so ist:

$$(2^a) \quad \overline{\lim_{\nu=\infty}} \sqrt[\nu]{\nu!\, c_\nu} \leqq \gamma, \qquad (2^b) \quad \overline{\lim_{\nu=\infty}} \sqrt[\nu]{\nu!\, C_\nu} \geqq \gamma.$$

Beweis. Setzt man in (1^a) $r = \lambda\varrho$, so folgt:

$$\sum_0^\infty{}^\nu c_\nu \lambda^\nu \cdot \varrho^\nu \leqq A \cdot e^{\gamma\lambda\varrho}, \text{ falls } \lambda > \frac{R}{\varrho},$$

und nach Multiplication mit dem Factor $e^{-\lambda}$:

$$\sum_0^\infty{}^\nu c_\nu \lambda^\nu \cdot e^{-\lambda} \cdot \varrho^\nu \leqq A \cdot e^{-(1-\gamma\varrho)\lambda}.$$

Substituirt man $\lambda = m+1,\ m+2, \ldots$ in inf. (wo: $m+1 > \frac{R}{\varrho}$), so ergiebt sich durch Addition der betreffenden Relationen:

$$(2) \qquad \sum_0^\infty{}^\nu c_\nu \left(\sum_{m+1}^\infty{}^\lambda \lambda^\nu \cdot e^{-\lambda}\right) \cdot \varrho^\nu \leqq A \cdot \sum_{m+1}^\infty{}^\lambda e^{-(1-\gamma\varrho)\lambda}.$$

Dabei ist die rechts, folglich auch die links auftretende Reihe convergent, wenn $1-\gamma\varrho > 0$, also für $\varrho < \frac{1}{\gamma}$. Da überdies:

$$\sum_1^m{}^\lambda \lambda^\nu \cdot e^{-\lambda} < m^\nu \cdot \sum_1^m{}^\nu e^{-\lambda} < \frac{m^\nu}{e-1}$$

und somit die Reihe

$$\sum_0^\infty{}^\nu c_\nu \left(\sum_1^m{}^\lambda \lambda^\nu \cdot e^{-\lambda}\right) \cdot \varrho^\nu$$

gleichzeitig mit $\sum c_\nu \varrho^\nu$ beständig convergirt, so folgt, wenn man diese letztere Reihe zu der linken Seite von (2) addirt, dass:

$$(3) \qquad \sum_0^\infty{}^\nu S_\nu \cdot c_\nu \cdot \varrho^\nu, \text{ wo: } S_\nu = \sum_1^\infty{}^\lambda \lambda^\nu \cdot e^{-\lambda}$$

für $\varrho < \frac{1}{\gamma}$ convergirt.

Um zunächst das entsprechende Divergenz-Resultat für den Fall der Voraussetzung (1^b) abzuleiten, bedeute r_λ ($\lambda = 1, 2, 3, \ldots$) eine Folge positiver, in's Unendliche wachsender Zahlen von der Beschaffenheit, dass für $r = r_\lambda$ die Beziehung (1^b) besteht, also:

$$(4) \qquad \sum_0^\infty{}^\nu C_\nu \cdot r_\lambda^\nu \geqq e^{\gamma \cdot r_\lambda}.$$

Da man die r_λ (wegen $\lim\limits_{\lambda=\infty} r_\lambda = \infty$) jedenfalls so auswählen kann, dass:

$$\gamma (r_{\lambda+1} - r_\lambda) \geqq 1,$$

so gehört dem Intervalle:

$$\gamma\, r_\lambda \leqq x \leqq \gamma\, r_{\lambda+1}$$

mindestens eine ganze Zahl an. Bezeichnet man dann mit m_λ die kleinste ganze Zahl, welche nicht kleiner ist, als $\gamma\, r_\lambda$, also:

$$m_{\lambda-1} \leqq m_\lambda - 1 < \gamma\, r_\lambda \leqq m_\lambda < m_{\lambda+1},$$

so ergiebt sich aus Ungl. (4) a fortiori:

$$\sum_0^\infty{}^\nu C_\nu \cdot \left(\frac{m_\lambda}{\gamma}\right)^\nu > e^{m_\lambda - 1},$$

und, wenn man mit e^{-m_λ} multiplicirt:

$$\sum_0^\infty{}^\nu C_\nu m_\lambda^\nu \cdot e^{-m_\lambda} \cdot \left(\frac{1}{\gamma}\right)^\nu > e^{-1},$$

woraus durch Substitution von $\lambda = 1, 2, 3, \ldots$ (in inf.) und Addition resultirt:

$$\sum_0^\infty{}^\nu C_\nu \cdot \left(\sum_1^\infty{}^\lambda m_\lambda^\nu \cdot e^{-m_\lambda}\right) \cdot \left(\frac{1}{\gamma}\right)^\nu = \infty,$$

also um so mehr:

$$\sum_0^\infty{}^\nu C_\lambda \cdot \left(\sum_1^\infty{}^\lambda \lambda^\nu \cdot e^{-\lambda}\right) \cdot \left(\frac{1}{\gamma}\right)^\nu = \infty,$$

d. h. die Reihe

$$\sum_0^\infty{}^\nu S_\nu \cdot C_\nu \cdot \varrho^\nu \quad \text{divergirt für } \varrho \geqq \frac{1}{\gamma}. \tag{5}$$

Um das bisher gewonnene Doppel-Resultat im Sinne des oben ausgesprochenen Satzes zu verwerthen, bedarf es schliesslich nur noch des Nachweises, dass:

$$\lim_{\nu=\infty} \frac{S_\nu}{\nu!} = 1$$

ist. Zu diesem Behufe werde gesetzt:

$$f(x) = \frac{e^x}{1-e^x}. \tag{6}$$

Ist sodann $|e^x| < 1$, also der reelle Theil von x wesentlich negativ, so hat man:

$$f(x) = \sum_1^\infty{}^\lambda e^{\lambda x}$$

also:

$$f'(x) = \sum_1^\infty{}^\lambda \lambda \cdot e^{\lambda x}, \quad f''(x) = \sum_1^\infty{}^\lambda \lambda^2 \cdot e^{\lambda x}, \ldots$$

$$f^\nu(x) = \sum_1^\infty{}^\lambda \lambda^\nu \cdot e^{\lambda x}$$

und daher:

$$f^\nu(-1) = \sum_1^\infty{}^\lambda \lambda^\nu \cdot e^{-\lambda} = S_\nu. \tag{7}$$

Andererseits ergiebt sich:

$$f(x) = \frac{e^x}{1-e^x} = -\frac{1}{x} \cdot \frac{1 + \frac{x}{1!} + \frac{x^2}{2!} + \ldots}{1 + \frac{x}{2!} + \frac{x^2}{3!} + \ldots}$$

$$= -\frac{1}{x} \cdot \left(1 + \sum_1^\infty {}^\nu a_\nu x^\nu\right),$$

sodass also $f(x) + \frac{1}{x}$ in der Umgebung von $x = 0$ regulär ist. Da ferner $f(x) + \frac{1}{x}$ auch bei $x = -1$ regulär ist und als nächstgelegene singuläre Stellen die Stellen $x = \pm 2\pi i$ auftreten, so hat man:

$$(8) \qquad f(x) + \frac{1}{x} = \sum_0^\infty {}^\nu b_\nu (x+1)^\nu \quad \text{für: } |x+1| < 2\pi,$$

in's besondere also auch noch für $x = 0$. Die Reihe $\sum_0^\infty {}^\nu b_\nu$ ist somit convergent, und daher:

$$(9) \qquad \lim_{\nu=\infty} b_\nu = 0.$$

Man hat aber:

$$b_\nu = \frac{1}{\nu!} \cdot D_x^\nu \left(f(x) + \frac{1}{x}\right)_{x=-1}$$

$$= \frac{1}{\nu!} \cdot \left\{f^\nu(x) + \frac{(-1)^\nu \cdot \nu!}{x^{\nu+1}}\right\}_{x=-1}$$

$$= \frac{1}{\nu!} f^{(\nu)}(-1) - 1,$$

und somit nach Gl. (9) und (7):

$$(10) \qquad \lim_{\nu=\infty} \frac{S_\nu}{\nu!} = 1.$$

Daraus folgt dann schliesslich mit Berücksichtigung der Resultate (3) und (5), dass von den beiden Reihen:

$$\sum_0^\infty {}^\nu \nu! \cdot c_\nu \cdot \varrho^\nu, \qquad \sum_0^\infty {}^\nu \nu! \cdot C_\nu \cdot \varrho^\nu$$

die erste für $\varrho < \frac{1}{\gamma}$ convergirt, die zweite für $\varrho \geqq \frac{1}{\gamma}$ divergirt. Die erste besitzt also mindestens, die zweite höchstens den Convergenz-Radius $\frac{1}{\gamma}$, und es bestehen somit nach dem bekannten Cauchy'schen Satze die Beziehungen:

$$(11^a) \qquad \overline{\lim_{\nu=\infty}} \sqrt[\nu]{\nu!\, c_\nu} \leqq \gamma, \qquad (11^b) \quad \overline{\lim_{\nu=\infty}} \sqrt[\nu]{\nu!\, C_\nu} \geqq \gamma.$$

Zusatz. Die unter den gemachten Voraussetzungen geltenden Relationen (11^a), (11^b) lassen sich unmittelbar auch durch die folgenden, etwas einfacheren ersetzen:

$$(12^a) \quad \overline{\lim_{\nu=\infty}} \nu \cdot \sqrt[\nu]{c_\nu} \leqq \gamma \cdot e, \qquad (12^b) \quad \overline{\lim_{\nu=\infty}} \nu \cdot \sqrt[\nu]{C_\nu} \geqq \gamma \cdot e,$$

wenn man ν^ν an Stelle von $\nu!$ einführt, was sich durch Benützung der Stirling'schen Formel, aber auch ohne dieses relativ complicirte Hülfsmittel in folgender, äusserst elementaren Weise bewerkstelligen lässt. Es ist identisch:

$$n! = \frac{1^1 \cdot 2^2 \cdot 3^3 \ldots (n-1)^{n-1} \cdot n^n}{2^1 \cdot 3^2 \cdot 4^3 \ldots n^{n-1}} = n^n \cdot \prod_1^{n-1}{}_\nu \left(\frac{\nu}{\nu+1}\right)^\nu$$

$$= \frac{1^2 \cdot 2^3 \cdot 4^4 \ldots (n-1)^n \cdot n^{n+1}}{2^2 \cdot 3^3 \cdot 4^4 \ldots n^n} = n^{n+1} \cdot \prod_1^{n-1}{}_\nu \left(\frac{\nu}{\nu+1}\right)^{\nu+1},$$

also:

$$(12) \qquad n^n \cdot \prod_1^{n-1}{}_\nu \frac{1}{\left(1+\frac{1}{\nu}\right)^\nu} = n! = n^{n+1} \cdot \prod_1^{n-1}{}_\nu \frac{1}{\left(1+\frac{1}{\nu}\right)^{\nu+1}}$$

Nun ist aber bekanntlich:

$$\left(1+\frac{1}{\nu}\right)^\nu < e < \left(1+\frac{1}{\nu}\right)^{\nu+1}$$

und daher:

$$\prod_1^{n-1}{}_\nu \left(1+\frac{1}{\nu}\right)^\nu < e^{n-1} < \prod_1^{n-1}{}_\nu \left(1+\frac{1}{\nu}\right)^{\nu+1}.$$

Multiplicirt man diese Ungleichung mit Gl. (12), so folgt:

$$n^n < n!\, e^{n-1} < n^{n+1}$$

oder auch:

$$e < n! \left(\frac{e}{n}\right)^n < e\, n,$$

und daher:

$$\lim_{n=\infty} \sqrt[n]{n!} \cdot \frac{e}{n} = 1, \tag{13}$$

anders geschrieben:

$$\sqrt[n]{n!} \cong \frac{n}{e} \quad (n = \infty, \tag{14}$$

sodass also in der That die Beziehungen (11) und (12) durch einander ersetzt werden dürfen.

---

§ 2.

Um den soeben abgeleiteten Hauptsatz zu verallgemeinern, beweise ich zunächst den folgenden Hülfssatz:

Ist $\varkappa > 0$, $\sum b_\nu^\varkappa$ *eine beliebig vorgelegte,* $\sum a_\nu$ *eine ganz willkürlich angenommene convergente Reihe mit positiven Gliedern, so hat man:*

$$\text{(I)} \quad \begin{matrix}(15^a)\\(15^b)\end{matrix} \Big\} \sum_0^\infty{}_\nu\, b_\nu^\varkappa \begin{Bmatrix} < \\ > \end{Bmatrix} \left(\sum_0^\infty{}_\nu\, b_\nu\right)^\varkappa \begin{cases} \varkappa > 1 \\ \varkappa < 1 \end{cases}$$

$$\text{(II)} \quad \begin{matrix}(16^a)\\(16^b)\end{matrix} \Big\} \sum_0^\infty{}_\nu\, b_\nu^\varkappa \begin{Bmatrix} > \\ < \end{Bmatrix} \left(\sum_0^\infty{}_\nu\, a_\nu\right)^{1-\varkappa} \cdot \left(\sum_0^\infty{}_\nu\, a_\nu^{1-\frac{1}{\varkappa}} \cdot b_\nu\right)^\varkappa \begin{cases} \varkappa > 1 \\ \varkappa < 1. \end{cases}$$

Beweis zu (I). Ist $p > 0$, $\varkappa > 1$, so hat man:

$$p^{\varkappa-1} < (1+p)^{\varkappa-1} \tag{17}$$

und daher:

$$p^{\varkappa-1} - 1 < (1+p)^{\varkappa-1} - 1.$$

Da die rechte Seite dieser Ungleichung sicher positiv ist, so folgt durch Multiplication mit der Ungleichung:

$$p < 1 + p,$$

dass:

$$p^\varkappa - p < (1+p)^\varkappa - 1 - p,$$

also:

$$1 + p^\varkappa < (1+p)^\varkappa. \tag{18}$$

Setzt man jetzt: $p = \frac{b}{b_0}$, so folgt nach Multiplication mit $b_0^\varkappa$:

$$b_0^\varkappa + b_1^\varkappa < (b_0 + b_1)^\varkappa \qquad (\varkappa > 1). \tag{19}$$

Angenommen nun, man habe für irgend ein $n \geqq 1$:

$$\sum_0^n {}^\nu\, b_\nu^\varkappa < \left(\sum_0^n {}^\nu\, b_\nu\right)^\varkappa \qquad (\varkappa > 1), \tag{20a}$$

so liefert die Addition von $b_{n+1}^\varkappa$ zunächst:

$$\sum_0^{n+1} {}^\nu\, b_\nu^\varkappa < \left(\sum_0^n {}^\nu\, b_\nu\right)^\varkappa + b_{n+1}^\varkappa$$

also, mit Benützung von Ungl. (19):

$$\sum_0^{n+1} {}^\nu\, b_\nu^\varkappa < \left(\sum_0^{n+1} {}^\nu\, b_\nu\right)^\varkappa,$$

d. h. Ungl. (20a) gilt auch noch, wenn n durch $(n+1)$ ersetzt wird. Sie gilt also allgemein, da nach (19) ihre Richtigkeit für $n = 1$ erwiesen ist.

Schreibt man in (20a) $\varkappa'$ statt $\varkappa$ und substituirt $b_\nu^{\frac{1}{\varkappa'}}$ für b_ν, so folgt weiter:

$$\sum_0^n {}^\nu\, b_\nu < \left(\sum_0^n {}^\nu\, b_\nu^{\frac{1}{\varkappa'}}\right)^{\varkappa'},$$

also:

$$\sum_0^n {}^\nu\, b_\nu^{\frac{1}{\varkappa'}} > \left(\sum_0^n {}^\nu\, b_\nu\right)^{\frac{1}{\varkappa'}} \quad (\varkappa' > 1),$$

und daher, wenn man noch $\frac{1}{\varkappa'} = \varkappa$ setzt:

$$\sum_0^n {}^\nu\, b_\nu^\varkappa > \left(\sum_0^n {}^\nu\, b_\nu\right)^\varkappa \qquad (\varkappa > 1). \tag{20b}$$

Da die grundliegende Beziehung (17) eine wirkliche Ungleichung ist (d. h. mit definitivem Anschlusse der Gleichheit), und die Abweichung zwischen den beiden Seiten, wie der Schluss von n auf $(n+1)$ zeigt, bei dem Hinzutreten jedes neuen Elementes noch verstärkt wird, so folgt schliesslich für $\lim n = \infty$, wie behauptet:

$$\sum_0^\infty{}^\nu\, b_\nu^\varkappa \begin{Bmatrix} < \\ > \end{Bmatrix} \left(\sum_0^\infty{}^\nu\, b_\nu\right)^\varkappa \begin{cases} \varkappa > 1 \\ \varkappa < 1. \end{cases} \text{—}$$

Beweis zu II. Ist $0 < c_0 < r < c_1$ und $\varkappa > 1$, so hat man:[1])

$$(21) \qquad \begin{cases} c_1^\varkappa - r^\varkappa > \varkappa \cdot r^{\varkappa-1}(c_1 - r) \\ r^\varkappa - c_0^\varkappa < \varkappa \cdot r^{\varkappa-1}(r - c_0). \end{cases}$$

Multiplicirt man die erste dieser Ungleichungen mit $(r - c_0)$, die zweite mit $(c_1 - r)$, so folgt durch Subtraction:

$$(c_1^\varkappa - r^\varkappa) \cdot (r - c_0) - (r^\varkappa - c_0^\varkappa) \cdot (c_1 - r) > 0,$$

anders geordnet:

$$(22) \qquad (c_1 - r) \cdot c_0^\varkappa + (r - c_0) \cdot c_1^\varkappa > (c_1 - c_0) \cdot r^\varkappa.$$

Der Bedingung: $c_0 < r < c$, wird offenbar genügt, wenn man setzt:

$$r = \frac{a_0 c_0 + a_1 c_1}{a_0 + a_1},$$

unter a_0, a_1 beliebige positive Zahlen verstanden. Alsdann geht aber Ungleichung (22) in die folgende über:

$$\frac{c_1 - c_0}{a_1 + a_1} \cdot a_0 c_0^\varkappa + \frac{c_1 - c_0}{a_0 + a_1} \cdot a_1 c_1^\varkappa > (c_1 - c_0)\left(\frac{a_0 c_0 + a_1 c_1}{a_0 + a_1}\right)^\varkappa,$$

oder auch:

$$(23) \quad a_0 c_0^\varkappa + a_1 c_1^\varkappa > (a_0 + a_1)^{1-\varkappa} \cdot (a_0 c_0 + a_1 c_1)^\varkappa \qquad (\varkappa > 1).$$

Da im übrigen diese zunächst unter der Voraussetzung $c_0 < c_1$ abgeleitete Ungleichung in Bezug auf die Indices 0,1

[1]) S. den Zusatz I.

symmetrisch sich verhält, so gilt sie unverändert auch für $c_0 > c_1$; nur für $c_0 = c_1$ geht sie in eine Identität über.

Angenommen nun, man habe für irgend ein $n \geqq 1$:

$$(24^a) \quad \sum_0^n {}^\nu a_\nu c_\nu^\varkappa > \left(\sum_0^n {}^\nu a_\nu\right)^{1-\varkappa} \cdot \left(\sum_0^n {}^\nu a_\nu c_\nu\right)^\varkappa \qquad (\varkappa > 1).$$

Ersetzt man sodann:

$$a_n \text{ durch } a_n + a_{n+1}$$

$$c_n \quad " \quad \frac{a_n c_n + a_{n+1} c_{n+1}}{a_n + a_{n+1}}$$

also:

$$a_n c_n \quad " \quad a_n c_n + a_{n+1} c_{n+1},$$

so geht Ungleichung (24^a) zunächst in die folgende über:

$$\sum_0^{n-1} {}^\nu a_\nu c_\nu^\varkappa + (a_n + a_{n+1})^{1-\varkappa} \cdot (a_n c_n + a_{n+1} c_{n+1})^\varkappa$$
$$> \left(\sum_0^{n+1} {}^\nu a_\nu\right)^{1-\varkappa} \cdot \left(\sum_0^{n+1} {}^\nu a_\nu c_\nu\right)^\varkappa,$$

und, wenn man auf das letzte Glied der linken Seite die Ungleichung (23) anwendet:

$$\sum_0^{n+1} {}^\nu a_\nu c_\nu^\varkappa > \left(\sum_0^{n+1} {}^\nu a_\nu\right)^{1-\varkappa} \cdot \left(\sum_0^{n+1} {}^\nu a_\nu c_\nu\right)^\varkappa,$$

d. h. Ungl. (24^a) gilt auch noch, wenn n durch $n + 1$ ersetzt wird. Sie gilt also wiederum allgemein, da ihre Richtigkeit nach (23) für $n = 1$ erwiesen ist.

Schreibt man in Ungl. (24^a) $\varkappa'$ statt $\varkappa$ und substituirt $c_\nu^{\frac{1}{\varkappa'}}$ für c_ν, so wird:

$$\sum_0^n {}^\nu a_\nu c_\nu > \left(\sum_0^n {}^\nu a_\nu\right)^{1-\varkappa'} \cdot \left(\sum_0^n {}^\nu a_\nu c_\nu^{\frac{1}{\varkappa'}}\right)^{\varkappa'},$$

also:

$$\sum_0^n {}^\nu a_\nu c_\nu^{\frac{1}{\varkappa'}} < \left(\sum_0^n {}^\nu a_\nu\right)^{1-\frac{1}{\varkappa'}} \cdot \left(\sum_0^n {}^\nu a_\nu c_\nu\right)^{\frac{1}{\varkappa'}} \qquad (\varkappa' > 1),$$

und, wenn man $\frac{1}{\varkappa'} = \varkappa$ setzt:

$$(24^b) \qquad \sum_0^n{}^\nu a_\nu c_\nu^\varkappa < \left(\sum_0^n{}^\nu a_\nu\right)^{1-\varkappa} \cdot \left(\sum_0^n{}^\nu a_\nu c_\nu\right)^\varkappa \qquad (\varkappa < 1).$$

Macht man noch in (23^a), 23^b) die Substitution:

$$a_\nu c_\nu^\varkappa = b_\nu^\varkappa, \quad \text{also:} \quad c_\nu = a_\nu^{-\frac{1}{\varkappa}} \cdot b_\nu,$$

so ergiebt sich:

$$(25) \quad \sum_0^n{}^\nu b_\nu^\varkappa \left\{ \begin{matrix} > \\ < \end{matrix} \right\} \left(\sum_0^n{}^\nu a_\nu\right)^{1-\varkappa} \cdot \left(\sum_0^n{}^\nu a_\nu^{1-\frac{1}{\varkappa}} \cdot b_\nu\right)^\varkappa \left\{ \begin{matrix} \varkappa > 1 \\ \varkappa < 1. \end{matrix} \right.$$

Da die grundlegende Beziehung (22) wiederum eine wirkliche Ungleichung ist, sofern nicht gerade $c_0 = c_1$, und die Abweichung zwischen den beiden Seiten, wie der Schluss von n auf $(n+1)$ zeigt, bei dem Hinzutreten jedes neuen Elementes c_ν sich verstärkt, ausser wenn $c_\nu = c_{\nu-1}$, in welchem Falle sie immerhin erhalten bleibt, so folgt für $n = \infty$:

$$\sum_0^\infty{}^\nu b_\nu^\varkappa \left\{ \begin{matrix} > \\ < \end{matrix} \right\} \left(\sum_0^\infty{}^\nu a_\nu\right)^{1-\varkappa} \cdot \left(\sum_0^\infty{}^\nu a_\nu^{1-\frac{1}{\varkappa}} \cdot b_\nu\right)^\varkappa \left\{ \begin{matrix} \varkappa > 1 \\ \varkappa < 1 \end{matrix} \right., \quad \text{q. e. d.}$$

Zusatz I. Die Ungleichungen (24) lassen sich auch aus einem von Herrn Hoelder[1]) mit Hülfe des Mittelwerthsatzes der Differential-Rechnung bewiesenen, allgemeineren Mittelwerthsatze herleiten. Zur Vervollständigung der hier gegebenen, elementareren Herleitung sei ausdrücklich bemerkt, dass man die fundamentalen Ungleichungen (21) auch für ganz beliebige positive $\varkappa$, ohne den zumeist zu ihrer Herleitung verwendeten Mittelwerthsatz der Differential-Rechnung, völlig elementar in folgender Weise gewinnt.

Aus der für jedes von 1 verschiedene A und ganzzahlige $n > 1$ geltenden Identität:

$$\frac{A^n - 1}{A - 1} = \frac{1 - A^n}{1 - A} = 1 + A + \ldots + A^{n-1}$$

[1]) Göttinger Nachr. 1889, p. 38 ff.; vgl. in's besondere p. 44.

folgt für jedes positive $A \gtrless 1$:

$$A^n > 1 + n(A-1) \tag{26}$$

und hieraus durch Substitution von $A^{-\frac{1}{n}}$ für A:

$$A^{-1} > 1 + n(A^{-\frac{1}{n}} - 1),$$

also:

$$A^{-\frac{1}{n}} < 1 - \frac{1}{n} \cdot \frac{A-1}{A},$$

wobei die rechte Seite stets wesentlich positiv ist. In Folge dessen hat man:

$$A^{\frac{1}{n}} > \frac{1}{1 - \frac{1}{n} \cdot \frac{A-1}{A}}$$

$$> 1 + \frac{1}{n} \cdot \frac{A-1}{A}, \quad \text{falls: } \frac{1}{n} \cdot \left| \frac{A-1}{A} \right| < 1,$$

und, wenn man diese Ungleichung in die m^{te} Potenz erhebt, mit Benützung von Ungl. (26):

$$A^{\frac{m}{n}} > 1 + \frac{m}{n} \cdot \frac{A-1}{A}. \tag{27}$$

Die hierbei gemachte Voraussetzung: $\frac{1}{n} \cdot \left| \frac{A-1}{A} \right| < 1$ ist offenbar immer erfüllt, wenn $A > 1$. Ist dagegen $A < 1$, so wird $\frac{1}{n} \cdot \frac{A-1}{A} < 0$, sodass also, falls $\frac{1}{n} \cdot \left| \frac{A-1}{A} \right| > 1$ sein sollte, die rechte Seite von Ungl. (27) negativ ausfällt: in diesem Falle sagt also diese Ungleichung etwas zwar triviales, aber immerhin richtiges aus. Man hat somit für jedes positive $A \gtrless 1$ und jedes rationale $x > 0$:

$$A^x > 1 + x \cdot \frac{A-1}{A}. \tag{28}$$

Ist jetzt x irrational und etwa $x = \lim_{n=\infty} x_n$, wo $x_n > 0$ und rational, so folgt aus:

$$A^{\varkappa_n} > 1 + \varkappa_n \cdot \frac{A-1}{A}$$

auf Grund der Definition: $A^{\varkappa} = \lim_{n=\infty} A^{\varkappa_n}$, zunächst nur soviel, dass:

$$A^{\varkappa} \geqq 1 + \varkappa \cdot \frac{A-1}{A}.$$

Man erkennt aber leicht, dass das Gleichheitszeichen in Wahrheit ausgeschlossen erscheint. Dies ist ohne weiteres evident, falls die rechte Seite negativ ausfallen sollte. Ist sie aber positiv, so gilt dies a fortiori, wenn man $\varkappa$ durch $\frac{\varkappa}{2}$ ersetzt. Man hätte also zunächst:

$$A^{\frac{\varkappa}{2}} \geqq 1 + \frac{\varkappa}{2} \cdot \frac{A-1}{A} > 0$$

und hieraus durch Erhebung in's Quadrat:

$$A^{\varkappa} > 1 + \varkappa \cdot \frac{A-1}{A} + \frac{\varkappa^2}{4} \cdot \left(\frac{A-1}{A}\right)^2$$

$$> 1 + \varkappa \cdot \frac{A-1}{A}.$$

Die Ungleichung (28) gilt somit für jedes beliebige $\varkappa > 0$.

Ist jetzt $\varkappa > 1$, so hat man auch:

$$A^{\varkappa - 1} > 1 + (\varkappa - 1) \cdot \frac{A-1}{A},$$

und, wenn man diese Ungleichung mit A multiplicirt:

$$A^{\varkappa} > A + (\varkappa - 1)(A - 1)$$

d. h. schliesslich:

$$(29) \qquad A^{\varkappa} > 1 + \varkappa(A-1) \quad \text{für } \varkappa > 1.$$

Substituirt man hier $A = \frac{b}{a}$ und $A = \frac{a}{b}$, wo $b > a > 0$, so ergeben sich die oben unter (21) benützten Ungleichungen:

$$(30) \qquad \begin{cases} b^\varkappa - a^\varkappa > \varkappa \cdot a^{\varkappa-1}(b-a) \\ b^\varkappa - a^\varkappa < \varkappa \cdot b^{\varkappa-1}(b-a) \end{cases} \qquad (\varkappa > 1).$$

Zusatz II. Liest man die auf den Fall $\varkappa > 1$ bezügliche Ungleichung (16[a]) rückwärts, so gewinnt man den folgenden Convergenz-Satz:

Gleichzeitig mit den beiden Reihen $\sum a_\nu$, $\sum b_\nu^\varkappa$ *(wo* $\varkappa > 1$*) convergirt allemal auch die Reihe* $\sum a_\nu^{1-\frac{1}{\varkappa}} \cdot b_\nu$.

Herr Hoelder hat diesen Satz nur für den speciellen Fall $a_\nu = \left(\frac{1}{\nu}\right)^{1+\varrho}$ aus der Ungleichung (24[a]) in wesentlich complicirterer Weise abgeleitet.[1]) Dazu will ich noch bemerken, dass der obige Convergenz-Satz für den Fall eines ganzzahligen $\varkappa$ sich noch einfacher aus dem bekannten Satze ergiebt,[2]) dass das geometrische Mittel niemals das arithmetische übersteigt, also:

$$\sqrt[\varkappa]{p^{(1)} \cdot p^{(2)} \ldots p^{(\varkappa)}} \leqq \frac{1}{\varkappa}(p^{(1)} + p^{(2)} + \ldots + p^{(\varkappa)}).$$

Setzt man hier $p^{(1)} = \ldots = p^{(\varkappa-1)} = a_\nu$, $p^{(\varkappa)} = b_\nu^\varkappa$, so folgt:

$$a_\nu^{1-\frac{1}{\varkappa}} \cdot b_\nu \leqq \frac{(\varkappa - 1) \cdot a_\nu + b_\nu^\varkappa}{\varkappa}$$

und daher:

$$\sum_0^\infty{}^\nu a_\nu^{1-\frac{1}{\varkappa}} \cdot b_\nu \leqq \left(1 - \frac{1}{\varkappa}\right) \cdot \sum_0^\infty{}^\nu a_\nu + \frac{1}{\varkappa} \cdot \sum_0^\infty{}^\nu b_\nu^\varkappa,$$

woraus die Richtigkeit der ausgesprochenen Behauptung unmittelbar hervorgeht.

---

1) A. a. O. p. 46.

2) Für den Fall $\varkappa = 2$ wurde diese Schlussweise schon bei früherer Gelegenheit von mir benützt: Sitz.-Ber. Bd. 30 (1900), p. 63.

---

§ 3.

Verallgemeinerte Form des Hauptsatzes von § 1. *Besteht von den beiden Beziehungen:*

$$(31^a)\qquad \sum_0^\infty{}^\nu c_\nu r^\nu \leqq A\cdot e^{\gamma\cdot r^\alpha}$$
$$(A>0,\ \gamma>0,\ \alpha>0)$$
$$(31^b)\qquad \sum_0^\infty{}^\nu C_\nu r^\nu \geqq A\cdot e^{\gamma\cdot r^\alpha}$$

die erste für alle r, welche eine gewisse positive Zahl R übersteigen, die zweite für unendlich viele r, unter denen auch beliebig grosse vorkommen, so hat man:

$$(32^a)\qquad \overline{\lim_{\nu=\infty}}\sqrt[\nu]{(\nu!)^{\frac{1}{\alpha}}\cdot c_\nu}\leqq(\alpha\,\gamma)^{\frac{1}{\alpha}},$$

$$(32^b)\qquad \overline{\lim_{\nu=\infty}}\sqrt[\nu]{(\nu!)^{\frac{1}{\alpha}}\cdot C_\nu}\geqq(\alpha\,\gamma)^{\frac{1}{\alpha}},$$

oder auch:

$$(33^a)\qquad \overline{\lim_{\nu=\infty}}\,\nu^{\frac{1}{\alpha}}\cdot\sqrt[\nu]{c_\nu}\leqq(\alpha\,\gamma\,e)^{\frac{1}{\alpha}},$$

$$(33^b)\qquad \overline{\lim_{\nu=\infty}}\,\nu^{\frac{1}{\alpha}}\cdot\sqrt[\nu]{C_\nu}\geqq(\alpha\,\gamma\,e)^{\frac{1}{\alpha}}.$$

Beweis: Substituirt man in (31^a) $r^{\frac{1}{\alpha}}$ für r, so wird:

$$(34)\qquad \sum_0^\infty{}^\nu c_\nu r^{\frac{\nu}{\alpha}}=\sum_0^\infty{}^\nu (c_\nu^\alpha r^\nu)^{\frac{1}{\alpha}}\leqq A\cdot e^{\gamma r}\quad(\text{für } r>R^\alpha).$$

Man hat nun zunächst im Falle $\alpha>1$ nach § 2, Ungl. (15^b) (für $\varkappa=\dfrac{1}{\alpha}<1$):

$$\sum_0^\infty{}^\nu (c_\nu^\alpha r^\nu)^{\frac{1}{\alpha}}>\left(\sum_0^\infty{}^\nu c_\nu^\alpha r^\nu\right)^{\frac{1}{\alpha}},$$

also:

$$(35^1)\qquad \sum_0^\infty{}^\nu c_\nu^\alpha r^\nu<\left(\sum_0^\infty{}^\nu c_\nu r^{\frac{\nu}{\alpha}}\right)^\alpha\qquad(\alpha>1).$$

Andererseits im Falle $a < 1$ nach Ungl. (16[a]) (für $\varkappa = \frac{1}{a} > 1$), wenn man noch setzt: $a_\nu = \left(\frac{1}{1+\delta}\right)^\nu$, wo $\delta > 0$:

$$\sum_0^\infty{}^\nu (c_\nu^a\, r^\nu)^{\frac{1}{a}} > \left(\sum_0^\infty{}^\nu \left(\frac{1}{1+\delta}\right)^\nu\right)^{1-\frac{1}{a}} \cdot \left(\sum_0^\infty{}^\nu \left(\frac{1}{1+\delta}\right)^{\nu(1-a)} \cdot c_\nu^a \cdot r^\nu\right)^{\frac{1}{a}}$$

$$= \left(\frac{1+\delta}{\delta}\right)^{1-\frac{1}{a}} \cdot \left(\sum_0^\infty{}^\nu c_\nu^a \cdot \left(\frac{r}{(1+\delta)^{1-a}}\right)^\nu\right)^{\frac{1}{a}},$$

also:

$$(35^2) \quad \sum_0^\infty{}^\nu c_\nu^a \cdot \left(\frac{r}{(1+\delta)^{1-a}}\right)^\nu < \left(\frac{1+\delta}{\delta}\right)^{1-a} \cdot \left(\sum_0^\infty{}^\nu c_\nu\, r^{\frac{\nu}{a}}\right)^a \quad (a<1).$$

Mit Benützung der Ungleichungen (35[1]), (35[2]) ergiebt sich also aus (34):

$$(36^1) \quad \sum_0^\infty{}^\nu c_\nu^a \cdot r^\nu < A^a \cdot e^{a\gamma r} \qquad (a > 1)$$

$$\sum_0^\infty{}^\nu c_\nu^a \cdot \left(\frac{r}{(1+\delta)^{1-a}}\right)^\nu < \left(\frac{1+\delta}{\delta}\right)^{1-a} \cdot A^a \cdot e^{a\gamma r} \quad (a < 1),$$

oder, wenn man in der letzten Ungleichung $\frac{r}{(1+\delta)^{1-a}}$ durch r ersetzt:

$$(36^2) \quad \sum_0^\infty{}^\nu c_\nu^a \cdot r^\nu < \left(\frac{1+\delta}{\delta}\right)^{1-a} \cdot A^a \cdot e^{a\gamma \cdot (1+\delta)^{1-a} \cdot r} \quad (a < 1).$$

Nach dem Hauptsatze des § 1 ergibt sich also aus (36[1]), dass:

$$(37^1) \qquad \overline{\lim_{\nu=\infty}} \sqrt[\nu]{\nu!\, c_\nu^a} \leqq a\,\gamma \qquad (a > 1).$$

Ebenso aus (36[2]) zunächst:

$$\overline{\lim_{\nu=\infty}} \sqrt[\nu]{\nu!\, c_\nu^a} < a\,\gamma\,(1+\delta)^{1-a} \qquad (a < 1).$$

Da es aber freisteht, δ unbegrenzt zu verkleinern, so folgt, dass auch in diesem Falle (d. h. für $a < 1$):

$$(37^2) \qquad \overline{\lim_{\nu=\infty}} \sqrt[\nu]{\nu!\, c_\nu^\alpha} \leqq \alpha\, \gamma$$

sein muss. Beachtet man noch, dass die Beziehung (37[1]) bezw. (37[2]) für $\alpha = 1$ mit der in § 1 unter (2[a]) bemerkten zusammenfällt, so ergiebt sich schliesslich, wenn man noch in die $\left(\frac{1}{\alpha}\right)^{\text{te}}$ Potenz erhebt, in Uebereinstimmung mit der Behauptung (32[a]):

$$\overline{\lim_{\nu=\infty}} \sqrt[\nu]{(\nu!)^{\frac{1}{\alpha}} \cdot c_\nu} \leq (\alpha\, \gamma)^{\frac{1}{\alpha}} \qquad \text{für jedes } \alpha > 0.$$

In ganz analoger Weise findet man aus der Voraussetzung (31[b]), wenn man dieselbe durch Substitution von $r^{\frac{1}{\alpha}}$ für r zunächst wiederum auf die Form bringt:

$$\sum_0^\infty{}^\nu\, C_\nu\, r^{\frac{\nu}{\alpha}} = \sum_0^\infty{}^\nu\, (C_\nu^\alpha \cdot r^\nu)^{\frac{1}{\alpha}} \geqq e^{\gamma r}$$

und sodann auf deren linke Seite die Ungleichungen (15[a]), (16[b]) anwendet, übereinstimmend mit (32[b]):

$$\overline{\lim_{\nu=\infty}} \sqrt[\nu]{(\nu!)^{\frac{1}{\alpha}} \cdot C_\nu} \geq (\alpha\, \gamma)^{\frac{1}{\alpha}}.$$

Mit Benützung der infinitären Beziehung (14) lassen sich dann diese Relationen wiederum auch durch die etwas einfacheren (33[a]), (33[b]) ersetzen.

---

§ 4.

Der soeben bewiesene Hauptsatz ist in der gegebenen Form **nicht** ohne weiteres **umkehrbar**. Dagegen lassen sich die Voraussetzungen des Satzes noch in der Weise **erweitern**, dass der folgende **umkehrbare** Satz resultirt:

Satz I. *Besteht für jedes beliebig **kleine** $\varepsilon > 0$ von den beiden Beziehungen:*

$$(38^a) \qquad \sum_0^\infty{}^\nu c_\nu r^\nu < e^{(1+\varepsilon)\cdot\gamma r^a}$$

$$(38^b) \qquad \sum_0^\infty{}^\nu C_\nu r^\nu > e^{(1-\varepsilon)\cdot\gamma r^a}$$

die ***erste*** *für* ***alle*** r, *welche eine gewisse, im allgemeinen von* ε *abhängige positive Zahl* R_ε *übersteigen; die* ***zweite*** *für* ***unendlich*** *viele* r, *unter denen auch* ***beliebig grosse*** *vorkommen, so hat man:*

$$(39^a) \qquad \overline{\lim_{\nu=\infty}} \sqrt[\nu]{(\nu!)^{\frac{1}{a}}\cdot c_\nu} \leq (a\gamma)^{\frac{1}{a}},$$

$$(39^b) \qquad \overline{\lim_{\nu=\infty}} \sqrt[\nu]{(\nu!)^{\frac{1}{a}}\cdot C_\nu} \geq (a\gamma)^{\frac{1}{a}}$$

oder auch:

$$(40^a) \qquad \overline{\lim_{\nu=\infty}} \nu^{\frac{1}{a}}\cdot\sqrt[\nu]{c_\nu} \leq (a\gamma e)^{\frac{1}{a}},$$

$$(40^b) \qquad \overline{\lim_{\nu=\infty}} \nu^{\frac{1}{a}}\cdot\sqrt[\nu]{C_\nu} \geq (a\gamma e)^{\frac{1}{a}}.$$

Umgekehrt *folgen aus den Voraussetzungen (39) oder (40) auch allemal die Beziehungen (38) in dem angegebenen Umfange.*[1]

---

[1]) Setzt man:

$$a\gamma e = \varkappa, \text{ also: } \gamma = \frac{\varkappa}{ae},$$

so nimmt die obige Umkehrung die folgende Form an:

Aus den Voraussetzungen

$$\overline{\lim_{\nu=\infty}} \nu^{\frac{1}{a}}\cdot\sqrt[\nu]{c_\nu} \leq \varkappa^{\frac{1}{a}} \quad , \qquad \overline{\lim_{\nu=\infty}} \nu^{\frac{1}{a}}\cdot\sqrt[\nu]{C_\nu} \geq \varkappa^{\frac{1}{a}}$$

folgt allemal:

$$\sum_0^\infty{}^\nu c_\nu r^\nu < e^{\frac{\varkappa(1+\varepsilon)}{ae}\cdot r^a} \quad , \qquad \sum_0^\infty{}^\nu C_\nu r^\nu > e^{\frac{\varkappa(1-\varepsilon)}{ae}\cdot r^a}$$

in dem oben näher bezeichneten Umfange.

Den ersten Theil dieses Satzes hat Herr Ernst Lindelöf (unter der etwas engeren Voraussetzung $\nu^{\frac{1}{a}}\cdot\sqrt[\nu]{c_\nu} < \varkappa^{\frac{1}{a}}$ für $\nu > n$) auf gänzlich anderem Wege abgeleitet: a. a. O. p. 39.

Beweis. Aus (38^a) würde auf Grund des vorigen Hauptsatzes (Formel (32^a), (33^a)) zunächst folgen, dass für jedes $\varepsilon > 0$:

$$\overline{\lim_{\nu=\infty}} \sqrt[\nu]{(\nu!)^{\frac{1}{\alpha}} \cdot c_\nu} \leqq ((1+\varepsilon) \cdot \alpha\gamma)^{\frac{1}{\alpha}}$$

oder auch:

$$\overline{\lim_{\nu=\infty}} \nu^{\frac{1}{\alpha}} \cdot \sqrt[\nu]{c_\nu} \leqq ((1+\varepsilon) \cdot \alpha\gamma e)^{\frac{1}{\alpha}}.$$

Da aber ε unbegrenzt verkleinert werden darf, so folgt schliesslich, dass geradezu:

$$\overline{\lim_{\nu=\infty}} \sqrt[\nu]{(\nu!)^{\frac{1}{\alpha}} \cdot c_\nu} \leqq (\alpha\gamma)^{\frac{1}{\alpha}}$$

oder auch:

$$\overline{\lim_{\nu=\infty}} \nu^{\frac{1}{\alpha}} \cdot \sqrt[\nu]{c_\nu} \leqq (\alpha\gamma e)^{\frac{1}{\alpha}}.$$

Das analoge gilt bezüglich der Herleitung von Ungl. (39^b), (40^b).

Die Umkehrbarkeit dieser Resultate lässt sich dann in folgender Weise indirect beweisen. Angenommen es bestehe die Voraussetzung (39^a), und es sei nicht möglich, jedem beliebig kleinen $\varepsilon > 0$ ein R_ε so zuzuordnen, dass Ungl. (38^a) für $r > R_\varepsilon$ beständig erfüllt ist: alsdann müsste ein bestimmtes $\varepsilon' > 0$ existiren, derart dass unter beliebig grossen r immer wieder solche vorkommen, für welche:

$$\sum_0^\infty {}^\nu c_\nu r^\nu \geqq e^{(1+\varepsilon')\cdot \gamma r^\alpha}.$$

Daraus würde aber nach dem vorigen Hauptsatze (s. Ungl. (31^b), (32^b)) folgen, dass:

$$\overline{\lim_{\nu=\infty}} \sqrt[\nu]{(\nu!)^{\frac{1}{\alpha}} \cdot c_\nu} \geqq ((1+\varepsilon') \cdot \alpha\gamma)^{\frac{1}{\alpha}},$$

was der Voraussetzung widerspricht.

Analog würde die Annahme, dass die Beziehung (38[b]) nicht allemal aus der Voraussetzung (39[b]) resultire, die Existenz einer Ungleichung von der Form:

$$\sum_0^\infty{}^\nu C_\nu r^\nu \leqq e^{(1-\varepsilon')\cdot\gamma r^a} \qquad (r > R)$$

nach sich ziehen, und somit schliesslich im Widerspruche mit der Voraussetzung auf die Relation:

$$\overline{\lim_{\nu=\infty}} \sqrt[\nu]{(\nu!)^{\frac{1}{a}} \cdot C_\nu} \leqq ((1-\varepsilon')\cdot a\gamma)^{\frac{1}{a}}$$

führen.

---

§ 5.

Ein weiterer ebenfalls umkehrbarer Satz ergiebt sich aus dem Hauptsatze des § 3, wenn die Voraussetzung (31[a]) für jedes beliebig kleine, die Voraussetzung (31[b]) für jedes beliebig grosse $\gamma > 0$ erfüllt ist, nämlich:

Satz II. *Besteht von den beiden Beziehungen:*

$$(41^a) \qquad \sum_0^\infty{}^\nu c_\nu r^\nu < e^{\varepsilon\cdot r^a}$$

$$(41^b) \qquad \sum_0^\infty{}^\nu C_\nu r^\nu > e^{\omega\cdot r^a}$$

die erste für jedes beliebig kleine $\varepsilon > 0$ und alle r, die eine gewisse positive Zahl R_ε übersteigen; die zweite für jedes beliebig grosse $\omega > 0$ und unendlich viele Werthe von r, unter denen auch beliebig grosse vorkommen,[1]) *so hat man:*

---

[1]) Dieser Zusatz könnte hier wegbleiben, da bei hinlänglicher Vergrösserung von ω die Beziehung (41[b]) überhaupt nur bei entsprechender Vergrösserung von r bestehen kann.

$$(42^a)\qquad \lim_{\nu=\infty} \sqrt[\nu]{(\nu!)^{\frac{1}{\alpha}} \cdot c_\nu} = \lim_{\nu=\infty} \nu^{\frac{1}{\alpha}} \cdot \sqrt[\nu]{c_\nu} = 0$$

$$(42^b)\qquad \overline{\lim_{\nu=\infty}} \sqrt[\nu]{(\nu!)^{\frac{1}{\alpha}} \cdot C_\nu} = \overline{\lim_{\nu=\infty}}\, \nu^{\frac{1}{\alpha}} \cdot \sqrt[\nu]{C_\nu} = \infty.$$

Umgekehrt resultiren aus den Voraussetzungen (42) auch allemal die Beziehungen (41) in dem angegebenen Umfange.

Beweis. Aus den Voraussetzungen (41) würde auf Grund des Hauptsatzes § 3 zunächst folgen, dass:

$$\underline{\lim_{\nu=\infty}} \sqrt[\nu]{(\nu!)^{\frac{1}{\alpha}} \cdot c_\nu} \leq (\alpha\,\varepsilon)^{\frac{1}{\alpha}}, \qquad \overline{\lim_{\nu=\infty}} \sqrt[\nu]{(\nu!)^{\frac{1}{\alpha}} \cdot C_\nu} \geq (\alpha\,\omega)^{\frac{1}{\alpha}}.$$

Da es aber freisteht, ε unbegrenzt zu verkleinern, ω unbegrenzt zu vergrössern, so ergeben sich hieraus in der That die Beziehungen (42).

Die Umkehrbarkeit dieser Resultate erkennt man dann wiederum unmittelbar auf indirectem Wege, ganz analog, wie bei Satz I. —

Aus dem eben bewiesenen Satze ergiebt sich schliesslich noch der folgende:

Satz III. *Besteht für jedes beliebig kleine $\delta > 0$ von den beiden Beziehungen*

$$(43^a)\qquad \sum_0^\infty{}^\nu\, c_\nu r^\nu < e^{r^{\alpha+\delta}}$$

$$(43^b)\qquad \sum_0^\infty{}^\nu\, C_\nu r^\nu > e^{r^{\alpha-\delta}}$$

die erste für alle r, die eine gewisse positive Zahl R_δ übersteigen; die zweite für unendlich viele r, unter denen auch beliebig grosse vorkommen, so hat man für jedes beliebig kleine $\delta > 0$:

$$(44^a)\qquad \lim_{\nu=\infty} \sqrt[\nu]{(\nu!)^{\frac{1}{\alpha+\delta}} \cdot c_\nu} = \lim_{\nu=\infty} \nu^{\frac{1}{\alpha+\delta}} \cdot \sqrt[\nu]{c_\nu} = 0$$

$$(44^b)\qquad \overline{\lim_{\nu=\infty}} \sqrt[\nu]{(\nu!)^{\frac{1}{\alpha-\delta}} \cdot C_\nu} = \overline{\lim_{\nu=\infty}}\, \nu^{\frac{1}{\alpha-\delta}} \cdot \sqrt[\nu]{C_\nu} = \infty.$$

Umgekehrt resultiren aus den Voraussetzungen (44) auch allemal die Beziehungen (43) in dem angegebenen Umfange.

Beweis. Denkt man sich δ beliebig klein fixirt, so besteht auf Grund der Voraussetzung (43^a) für hinlänglich grosse r (nämlich $r > R_{\frac{1}{2}\delta}$) die Beziehung:

$$\sum_0^\infty{}^\nu c_\nu r^\nu < e^{r^{\alpha+\frac{\delta}{2}}} = e^{\left(\frac{1}{r}\right)^{\frac{\delta}{2}} \cdot r^{\alpha+\delta}}.$$

Wie klein jetzt auch $\varepsilon > 0$ vorgeschrieben wird, so kann man durch passende Vergrösserung von r stets erzielen, dass $\left(\frac{1}{r}\right)^{\frac{\delta}{2}} < \varepsilon$ wird. Dann ergiebt sich aber aus Satz II, dass für dieses und somit schliesslich für jedes $\delta > 0$:

$$\lim_{\nu=\infty} \sqrt[\nu]{(\nu!)^{\frac{1}{\alpha+\delta}} \cdot c_\nu} = \lim_{\nu=\infty} \nu^{\frac{1}{\alpha+\delta}} \cdot \sqrt[\nu]{c_\nu} = 0.$$

Das analoge gilt dann bezüglich der Behauptung (44^b).

Auch hier ergiebt sich die Umkehrbarkeit der betreffenden Resultate mit Hülfe des in Satz I benützten indirecten Beweisverfahrens.

---

§ 6.

Es sei jetzt x eine complexe Veränderliche, $g(x) = \sum_0^\infty{}^\nu b_\nu x^\nu$, wo die b_ν ebenfalls beliebig complex zu denken sind, eine beständig convergirende Reihe. Angenommen nun, es genüge $|g(x)|$ bei hinlänglich grossen Werthen von $|x|$ einer der beiden Voraussetzungen, welche in dem Hauptsatze des § 3 für $\sum c_\nu r^\nu$ bezw. $\sum C_\nu r^\nu$ galten, also entweder:

(45^a) $$|g(x)| \leqq A \cdot e^{\gamma \cdot |x|^\alpha}$$

für alle $|x| > R$; oder:

(45^b) $$|g(x)| \geqq A \cdot e^{\gamma \cdot |x|^\alpha}$$

für unendlich viele x, unter denen auch beliebig grosse vorkommen. Es fragt sich nun: Bleibt auch unter diesen Voraussetzungen der betreffende Hauptsatz gültig, d. h. genügen auf Grund der Voraussetzungen (45ᵃ), (45ᵇ) die $|b_\nu|$ denselben infinitären Relationen, welche sich in § 3 für die c_ν, C_ν ergeben haben?

Man erkennt ohne weiteres, dass diese Frage in Bezug auf die Voraussetzung (45ᵇ) zu bejahen ist. Denn da:

$$(46) \qquad |g(x)| \leqq \sum_0^\infty {}^\nu\, |b_\nu x^\nu|$$

so folgt aus (45ᵇ), dass auch:

$$(47) \qquad \sum_0^\infty {}^\nu\, |b_\nu x^\nu| \geqq A \cdot e^{\gamma \cdot |x|^\alpha}$$

(in dem angegebenen Umfange) und man findet somit, wenn man in § 3 $r = |x|$, $C_\nu = |b_\nu|$ setzt, nach Ungl. (39ᵇ), (40ᵇ), dass:

$$(48) \qquad \overline{\lim_{\nu=\infty}} \sqrt[\nu]{(\nu!)^{\frac{1}{\alpha}} \cdot |b_\nu|} = \overline{\lim_{\nu=\infty}} \left(\frac{\nu}{e}\right)^{\frac{1}{\alpha}} \cdot \sqrt[\nu]{|b_\nu|} \geqq (\alpha\gamma)^{\frac{1}{\alpha}}.$$

Um nun den entsprechenden Nachweis auch bezüglich der Voraussetzung (45ᵃ) zu führen, bemerke man zunächst, dass aus (45ᵃ), d. h. aus der Beziehung:

$$\left|\sum_0^\infty {}^\nu\, b_\nu x^\nu\right| \leqq A \cdot e^{\gamma \cdot |x|^\alpha} \qquad \text{für } |x| > R$$

nach dem Cauchy'schen Coefficienten-Satze sich ergiebt:

$$(49) \qquad |b_\nu x^\nu| \leqq A \cdot e^{\gamma \cdot |x|^\alpha} \quad (\nu = 0, 1, 2, \ldots;\ |x| > R).$$

Wird jetzt $\delta > 0$ beliebig angenommen, so hat man identisch:

$$|b_\nu x^\nu| = \left(\frac{1}{1+\delta}\right)^\nu \cdot |b_\nu ((1+\delta)x)^\nu|$$

und daher, wenn man auf den zweiten Factor der rechten Seite die Ungleichung (49) anwendet:

$$(50) \qquad |b_\nu x^\nu| \leqq \left(\frac{1}{1+\delta}\right)^\nu \cdot A \cdot e^{\gamma (1+\delta)^\alpha \cdot |x|^\alpha},$$

gültig für $|x| > \frac{R}{1+\delta}$, also für alle möglichen $\delta > 0$ mit Sicherheit für $|x| > R$.

Substituirt man nun in (50) der Reihe nach $\nu = 0, 1, 2, \ldots$ in inf., so folgt durch Addition:

$$\sum_0^\infty {}^\nu\, |b_\nu x^\nu| \leqq \frac{1+\delta}{\delta} \cdot A \cdot e^{\gamma \cdot (1+\delta)^\alpha \cdot |x|^\alpha} \tag{51}$$

für jedes $\delta > 0$ und $|x| > R$. Hieraus ergiebt sich aber nach dem Hauptsatze des § 3 (Ungl. (39ᵃ), (40ᵃ)) zunächst, dass:

$$\overline{\lim_{\nu=\infty}} \sqrt[\nu]{(\nu!)^{\frac{1}{\alpha}} \cdot |b_\nu|} \equiv \overline{\lim_{\nu=\infty}} \left(\frac{\nu}{e}\right)^{\frac{1}{\alpha}} \cdot \sqrt[\nu]{|b_\nu|} \leqq (1+\delta) \cdot (\alpha\gamma)^{\frac{1}{\alpha}}$$

und, da es thatsächlich freisteht, δ unbegrenzt zu verkleinern, schliesslich:

$$\overline{\lim_{\nu=\infty}} \sqrt[\nu]{(\nu!)^{\frac{1}{\alpha}} \cdot |b_\nu|} \equiv \overline{\lim_{\nu=\infty}} \left(\frac{\nu}{e}\right)^{\frac{1}{\alpha}} \cdot \sqrt[\nu]{|b_\nu|} \leqq (\alpha\gamma)^{\frac{1}{\alpha}}, \tag{52}$$

d. h. auch dieser Theil des Hauptsatzes von § 3 behält unter der jetzigen Voraussetzung seine Gültigkeit. Um das betreffende Resultat nochmals übersichtlich zu formuliren, kann man also den folgenden Satz aussprechen:

Es ist:

$$\overline{\lim_{\nu=\infty}} \sqrt[\nu]{(\nu!)^{\frac{1}{\alpha}} \cdot |b_\nu|} \leqq (\alpha\gamma)^{\frac{1}{\alpha}}, \quad \textit{wenn:} \ |g(x)| \leqq A \cdot e^{\gamma \cdot |x|^\alpha}$$

für alle x, deren absoluter Betrag eine gewisse positive Zahl R übersteigt.

Es ist:

$$\overline{\lim_{\nu=\infty}} \sqrt[\nu]{(\nu!)^{\frac{1}{\alpha}} \cdot |b_\nu|} \geqq (\alpha\gamma)^{\frac{1}{\alpha}}, \quad \textit{wenn:} \ |g(x)| \geqq A \cdot e^{\gamma \cdot |x|^\alpha}$$

für unendlich viele x, unter denen auch beliebig grosse vorkommen.

Gleichzeitig mit dem Hauptsatze des § 3 behalten aber auch die in §§ 4, 5 daraus abgeleiteten Folgesätze ihre Gültigkeit;

dieselben beruhten ja lediglich darauf, dass man die Constanten γ, a in passender Weise durch veränderliche Parameter ersetzte. Man gewinnt auf diese Weise, entsprechend den Sätzen I—III der beiden vorigen Paragraphen, noch die folgenden Sätze:

Satz I'. *Ist für jedes beliebig kleine $\varepsilon > 0$ und alle x, deren absoluter Betrag eine gewisse Zahl R_ε übersteigt:*

$$(53^a) \qquad |g(x)| < e^{\gamma(1+\varepsilon)\cdot|x|^a},$$

so hat man:

$$(54^a) \qquad \overline{\lim_{\nu=\infty}} \sqrt[\nu]{(\nu!)^{\frac{1}{a}} \cdot |b_\nu|} = \overline{\lim_{\nu=\infty}} \left(\frac{\nu}{e}\right)^{\frac{1}{a}} \cdot \sqrt[\nu]{|b_\nu|} \leq (a\gamma)^{\frac{1}{a}}.$$

Ist für jedes beliebig kleine $\varepsilon > 0$ und unendlich viele x, unter denen auch beliebig grosse vorkommen:

$$(53^b) \qquad |g(x)| > e^{\gamma(1-\varepsilon)\cdot|x|^a},$$

so hat man:

$$(54^b) \qquad \overline{\lim_{\nu=\infty}} \sqrt[\nu]{(\nu!)^{\frac{1}{a}} \cdot |b_\nu|} = \overline{\lim_{\nu=\infty}} \left(\frac{\nu}{e}\right)^{\frac{1}{a}} \cdot \sqrt[\nu]{|b_\nu|} \geq (a\gamma)^{\frac{1}{a}}.$$

Bestehen also die beiden Voraussetzungen (53ᵃ), (53ᵇ) *gleichzeitig, so wird geradezu:*

$$(54) \qquad \overline{\lim_{\nu=\infty}} \sqrt[\nu]{(\nu!)^{\frac{1}{a}} \cdot |b_\nu|} = \overline{\lim_{\nu=\infty}} \left(\frac{\nu}{e}\right)^{\frac{1}{a}} \cdot \sqrt[\nu]{|b_\nu|} = (a\gamma)^{\frac{1}{a}}.$$

Umgekehrt resultirt aus der Voraussetzung (54^a) *allemal die Beziehung* (53^a), *ebenso aus* (54^b) *die Beziehung* (53^b), *während die Voraussetzung* (54) *die gleichzeitige Existenz von* (53^a) *und* (53^b) *nach sich zieht.*

Satz II'. *Ist für jedes beliebig kleine $\varepsilon > 0$, und alle x, deren absoluter Betrag eine gewisse positive Zahl R_ε übersteigt:*

$$(55^a) \qquad |g(x)| < e^{\varepsilon\cdot|x|^a},$$

so hat man:

$$(56^a) \qquad \lim_{\nu=\infty} \sqrt[\nu]{(\nu!)^{\frac{1}{\alpha}} \cdot |b_\nu|} = \lim_{\nu=\infty} \nu^{\frac{1}{\alpha}} \cdot \sqrt[\nu]{|b_\nu|} = 0.$$

Ist für jedes beliebig grosse $\omega > 0$ *und unendlich viele x, unter denen (dann eo ipso[1])) auch beliebig grosse vorkommen:*

$$(55^b) \qquad |g(x)| > e^{\omega \cdot |x|^\alpha},$$

so hat man:

$$(56^b) \qquad \overline{\lim_{\nu=\infty}} \sqrt[\nu]{(\nu!)^{\frac{1}{\alpha}} \cdot |b_\nu|} = \overline{\lim_{\nu=\infty}} \nu^{\frac{1}{\alpha}} \cdot \sqrt[\nu]{|b_\nu|} = \infty.$$

Umgekehrt resultirt allemal die Beziehung (55^a) *bezw.* (55^b) *aus der Voraussetzung* (56^a) *bezw.* (56^b).

Satz III'. *Ist für jedes beliebig kleine* $\delta > 0$ *und alle x, deren absoluter Betrag eine gewisse positive Zahl* R_δ *übersteigt:*

$$(57^a) \qquad |g(x)| < e^{|x|^{\alpha+\delta}},$$

so hat man für jedes $\delta > 0$:

$$(58^a) \qquad \lim_{\nu=\infty} \sqrt[\nu]{(\nu!)^{\frac{1}{\alpha+\delta}} \cdot |b_\nu|} = \lim_{\nu=\infty} \nu^{\frac{1}{\alpha+\delta}} \cdot \sqrt[\nu]{|b_\nu|} = 0.$$

Ist für jedes beliebig kleine $\delta > 0$ *und unendlich viele x, unter denen auch beliebig grosse vorkommen:*

$$(57^b) \qquad |g(x)| > e^{|x|^{\alpha-\delta}},$$

so hat man für jedes $\delta > 0$:

$$(58^b) \qquad \overline{\lim_{\nu=\infty}} \sqrt[\nu]{(\nu!)^{\frac{1}{\alpha-\delta}} \cdot |b_\nu|} = \overline{\lim_{\nu=\infty}} \nu^{\frac{1}{\alpha-\delta}} \cdot \sqrt[\nu]{|b_\nu|} = \infty.$$

Umgekehrt resultirt allemal die Beziehung (57^a) *bezw.* (57^b) *aus der Voraussetzung* (58^a) *bezw.* (58^b).

Anmerkung. Das zur Herleitung des eigentlichen Hauptsatzes angewendete Verfahren, um aus einer oberen Schranke

[1]) s. die Fussnote auf p. 183.

für $\left|\sum_0^\infty {}^\nu b_\nu x^\nu\right|$ eine solche für $\sum_0^\infty {}^\nu |b_\nu x^\nu|$ abzuleiten, lässt sich offenbar leicht verallgemeinern und dürfte sich auch für andere Untersuchungen als nützlich erweisen. Hier möchte ich nur noch die folgende Bemerkung daran knüpfen. Aus der Voraussetzung

$$\left|\sum_0^\infty {}^\nu b_\nu x^\nu\right| \leqq e^{\gamma \cdot |x|^\alpha} \quad \text{für } |x| > R, \tag{59}$$

folgt nach Ungl. (51), dass für jedes $\delta > 0$ und $|x| > R$:

$$\sum_0^\infty {}^\nu |b_\nu x^\nu| \leqq \frac{1+\delta}{\delta} \cdot e^{\gamma \cdot (1+\delta)^\alpha \, |x|^\alpha}.$$

Wird jetzt $\varepsilon > 0$ beliebig klein vorgeschrieben, so kann man zunächst δ so klein fixiren, dass:

$$(1+\delta)^\alpha < 1 + \frac{\varepsilon}{2},$$

also:

$$\sum_0^\infty {}^\nu |b_\nu x^\nu| < e^{\lg\left(1+\frac{1}{\delta}\right)+\gamma\left(1+\frac{\varepsilon}{2}\right)\cdot|x|^\alpha}.$$

Sodann aber kann man eine positive Zahl R_ε so gross annehmen, dass:

$$\lg\left(1+\frac{1}{\delta}\right) \leqq \frac{\varepsilon}{2}\cdot\gamma\cdot R_\varepsilon^\alpha \quad \left(\text{d. h. } R_\varepsilon \geqq \left(\frac{2}{\varepsilon\gamma}\lg\left(1+\frac{1}{\delta}\right)\right)^{\frac{1}{\alpha}}\right)$$

$$< \frac{\varepsilon}{2}\cdot\gamma\cdot|x|^\alpha \quad \text{für } |x| > R_\varepsilon.$$

Man findet also schliesslich:

$$\sum_0^\infty {}^\nu |b_\nu x^\nu| < e^{\gamma(1+\varepsilon)\cdot|x|^\alpha} \quad \text{für } |x| > R_\varepsilon. \tag{60}$$

In Worten: *Genügt* $\left|\sum_0^\infty {}^\nu b_\nu x\right|$ *für alle hinlänglich grossen* x *der Beziehung* (59), *so genügt* $\sum_0^\infty {}^\nu |b_\nu x^\nu|$ *bei beliebig kleinem* $\varepsilon > 0$ *für alle hinlänglich grossen* x *einer Beziehung von der Form* (60).

Ersetzt man die Voraussetzung (59) durch die folgende:

$$(61) \qquad \left| \sum_0^\infty {}^\nu\, b_\nu x^\nu \right| < e^{\gamma \cdot (1+\varepsilon') \cdot |x|^a} \quad \text{für jedes } \varepsilon' > 0 \text{ und } |x| > r_{\varepsilon'},$$

so folgt zunächst:

$$\sum_0^\infty {}^\nu\, |b_\nu x^\nu| < e^{\gamma (1+\varepsilon')(1+\varepsilon) \cdot |x|^a} \quad \text{für } |x| > R_{\varepsilon, \varepsilon'},$$

d. h. mit Rücksicht auf die Bedeutung von $\varepsilon, \varepsilon'$, schliesslich:

$$(62) \qquad \sum_0^\infty {}^\nu\, |b_\nu x^\nu| < e^{\gamma (1+\varepsilon') \cdot |x|^a} \quad \text{für } |x| > R_{\varepsilon'}.$$

Es genügt also in diesem Falle $\sum_0^\infty {}^\nu\, |b_\nu x^\nu|$ *für hinlänglich grosse x stets einer Beziehung von genau derselben Form, wie* $\left| \sum_0^\infty {}^\nu\, b_\nu x^\nu \right|$.

Ferner ergiebt sich aber auch folgendes: *Besteht für jedes* $\varepsilon > 0$ *und unendlich viele* $|x|$, *unter denen auch beliebig grosse vorkommen, eine Beziehung von der Form:*

$$(63) \qquad \sum_0^\infty {}^\nu\, |b_\nu x^\nu| > e^{\gamma (1-\varepsilon) \cdot |x|^a},$$

so hat man gleichfalls für jedes $\varepsilon > 0$ *und für unendlich viele x, unter denen auch beliebig grosse vorkommen:*

$$(64) \qquad \left| \sum_0^\infty {}^\nu\, b_\nu x^\nu \right| > e^{\gamma (1-\varepsilon) \cdot |x|^a}.$$

Andernfalls müsste nämlich ein bestimmtes $\varepsilon_0 > 0$ existiren, derart dass:

$$\left| \sum_0^\infty {}^\nu\, b_\nu x^\nu \right| \leq e^{\gamma (1-\varepsilon_0) \cdot |x|^a}$$

für alle x, deren absoluter Betrag eine gewisse Zahl R übersteigt. Dann hätte man aber auf Grund von Ungl. (59), (60), wenn man der in (60) auftretenden willkürlichen Zahl ε den Werth ε_0 beilegt:

$$\sum_0^\infty{}^\nu \,|\, b_\nu x^\nu \,| < e^{\gamma(1-\varepsilon_0^2)\cdot|x|^\alpha} \qquad \text{für } |x| > R_{\varepsilon_0},$$

was der Voraussetzung widerspricht.

Ein analoger Zusammenhang besteht offenbar auch zwischen Ungleichungen von der Form:

$$\sum_0^\infty{}^\nu \,|\, b_\nu x^\nu \,| < e^{\gamma\cdot|x|^{\alpha+\delta}} \quad \text{und:} \quad \left|\sum_0^\infty{}^\nu b_\nu x^\nu\right| < e^{\gamma\cdot|x|^{\alpha+\delta}}$$

$$\left|\sum_0^\infty{}^\nu b_\nu x^\nu\right| > e^{\gamma\cdot|x|^{\alpha-\delta}} \quad \text{und:} \quad \sum_0^\infty{}^\nu |b_\nu x^\nu| > e^{\gamma\cdot|x|^{\alpha-\delta}}.$$



Ueber den Ursprung der Thermalquellen von St. Moriz.

Von **A. Rothpletz.**

(Eingelaufen 18. Juni.)

Vor neun Jahren hat W. von Gümbel in diesen Sitzungsberichten eine Arbeit unter dem Titel „geologische Mittheilungen über die Mineralquellen von St. Moriz im Oberengadin und ihre Nachbarschaft" veröffentlicht, in der zum ersten Mal die Frage nach dem Ursprung dieser so vielbesuchten und berühmten Heilquellen auf Grund eingehender geologischer Untersuchungen beantwortet worden ist. Die Aufgabe war keineswegs leicht, und wenn auch ihre Lösung einen grossen Fortschritt bedeutete, so blieb doch mehreres und insbesondere der grosse Gehalt der aus Granit entspringenden Quellen an Kalk- und Magnesium-Carbonaten im Unklaren. Eigne Arbeiten mit ganz anderen Zielen führten mich im vorigen Herbst in dieses Gebiet und machten mich mit einer bis dahin unbeachtet gebliebenen Thatsache bekannt, die auch auf die Entstehung dieser Quellen ein neues Licht warf und just jene im Unklaren gebliebenen Punkte erhellte. Ehe ich die dadurch gewonnene Auffassung mittheile, will ich jedoch kurz die hauptsächlichsten Ergebnisse hervorheben, zu denen Gümbel gekommen war.

Er hatte festgestellt, dass die fünf Mineralquellen, die bei St. Moriz bekannt sind, alle auf einer schwach gebogenen, von SW nach NO gerichteten Linie, also wohl auf einer Gebirgsspalte liegen. Diese Spalte liegt im Gebiet des Rosatsch-Granitstockes, der von Gneiss und anderen krystallinen Schiefern umgeben ist. Sie ist aber in ihrem Verlaufe nicht an die

Grenzen des Granites gegen den Schiefer gebunden, sondern durchschneidet den tieferen Untergrund ohne Rücksicht auf die Gesteinsarten.

Der Granitstock besteht vorwiegend aus Hornblendegranit und Diorit, welche stellenweise eckige Bruchstücke der sie umgebenden Gneisse, Glimmer-Hornblende und Quarzitschiefer einschliessen. Auch setzen pegmatitische Granitgänge in diesen Schiefern auf, deren höheres Alter gegenüber dem Granit somit erwiesen ist. Am Silvaplaner und Silser See gewinnen grüne chloritische Schiefer und Phyllite mit zahlreichen Einlagerungen von Serpentin und Marmor eine ausgedehnte Verbreitung. Diese Schiefer dienen in der weiteren Umgebung den Sedimenten der Trias- und Liasperiode als Unterlage.

Die Mineralquellen sind schwache Thermalquellen (5—7° C.), deren Temperatur die mittlere Jahrestemperatur dieses Platzes (1.1° C.) und die Temperatur der dortigen gewöhnlichen Trinkwasserquellen nur um einige Grade übertrifft.

Auf 1000 gr kommen an gelösten Bestandtheilen 1,2 bis 1,7 gr und zwar an

Sulphaten	0.3
Carbonaten	0.8 — 1.2
Kieselerde	0.04 — 0.06
Kochsalz	0 — 0.04.

Ausserdem sind geringe Mengen von Bor, Brom, Jod und Fluor nachgewiesen. Freie Kohlensäure ist reichlich vorhanden, daneben auch Eisencarbonat (0.025 — 0.037), weshalb die Quellen als „Eisensäuerlinge“ bezeichnet werden, während die freie Kohlensäure (2.5 — 2.7 °/oo) als der eigentliche „Brunnengeist“ gilt. Auffällig ist der hohe Gehalt an Calciumcarbonat (0.7 — 0.9 °/oo) und Magnesiumcarbonat, da die Quelle doch aus Granit bez. Diorit entspringt. Der Betrag ist ungefähr 10 mal so gross wie in dem gewöhnlichen St. Morizer Trinkwasser (0.073), von dem Gümbel eine Analyse mittheilt, leider ohne Angabe, wo die Quelle liegt. Voraussichtlich entspringt auch sie aus der Nähe, doch mag ihr an sich geringer

Mineralgehalt mit Bezug auf die Carbonate etwas von den kalkhaltigen Moränen beeinflusst sein. Von der Kohlensäure nimmt er an, dass sie auf jener Gebirgsspalte aus der grössten Tiefenregion der Erdrinde emporsteige, dabei von den im Gebirge circulirenden Gewässern aufgenommen werde und mit diesen in den Nebengesteinen Zersetzungen bewirke, denen die Quellen ihren Mineralgehalt verdanken. Letzterer kann aber nach seiner chemischen Zusammensetzung nicht direct aus dem Granit oder Gneiss herrühren. Ebensowenig will Gümbel ihn mit dem Auftreten der benachbarten mesolithischen Kalkschichten in Zusammenhang gebracht wissen, weil diese Gebilde zu entfernt von der Quellenspalte liegen, und nicht anzunehmen sei, dass eine Scholle derselben in der Tiefe eingekeilt zwischen den krystallinen Gesteinen sich vorfinde. Unter diesen „mesolithischen Gebilden" sind die nach meiner Bestimmung als permisch anzusehenden Dolomite von Plaun da Statz und der Alp Laret, sowie die gleichen Dolomite, Gypse, Rauhwacken und die kössener und liasischen Kalksteine des Piz Padella und von Samaden gemeint. Der Ursprung der mineralischen Bestandtheile der Quellen wird hingegen als „sehr wahrscheinlich" auf das Vorkommen von Eisen-, Mangan- und Magnesiumhaltigen Kalksteineinlagerungen und von Schwefelkies in den chloritisch-phyllitischen Schiefern zurückgeführt, von denen man „nach den beobachteten geologischen Lagerungsverhältnissen mit Grund annehmen" könne, dass eine Scholle derselben längs der Quellenspalte von Surlej her in den Granit eingeklemmt vorhanden sei. Diese Scholle würde also an die durchziehenden kohlensäurehaltigen Wasser die Mineralbestandtheile und insbesondere den am reichlichsten vorhandenen Kalk abgeben. Dass die so aus der Tiefe aufsteigenden Wasser gleichwohl eine verhältnissmässig niedrige Temperatur besitzen und dass sie im Winter sogar nicht oder doch nur in sehr geringen Mengen bis zu Tage aufsteigen, wird vermuthungsweise so gedeutet, dass das Schmelzwasser des Sommers sich mit dem in der Tiefe circulirenden und ununterbrochen fortarbeitenden Zersetzungswasser nur in höheren

Theilen der Quellenspalte vermischt, diesem die grössere Wassermenge liefert, damit aber auch die niedrige Temperatur gibt und zugleich die Quelle durch den Druck einer höheren Wassersäule zum Ausfliessen bringt.

Dies sind in kurzer Zusammenfassung die Ergebnisse der Gümbel'schen Untersuchung, die sehr viel zur Klärung unserer Anschauungen über den Ursprung der St. Morizer Quellen beigetragen hat. Einige wichtige Punkte sind allerdings kaum berührt worden, wie z. B. die Herkunft der Chloride, des Broms, Jods und Bors und die grosse Menge von Natrium, und bei Erklärung des hohen Gehaltes an Kalk- und Magnesiumcarbonaten vermisst wohl jeder Leser eine Begründung jener Gebirgsscholle, welche auf der Quellenspalte zwischen dem Granit eingeklemmt liegen soll. Die „beobachteten geologischen Lagerungsverhältnisse", welche Gümbel zur Annahme jener Scholle geführt haben, sind leider mit keinem weiteren Worte erwähnt. Und doch ist das eigentlich die Hauptsache und der Kernpunkt der Gümbel'schen Auffassung. Nachdem er zwei andere Annahmen für die Herkunft der Mineralbestandtheile — nemlich aus dem Granitstock selbst oder aus dem allzu entfernt gelegenen jüngeren Kalkgebirge — als unmöglich abgelehnt hat, und da wir die Richtigkeit seiner Beweisführung voll anerkennen müssen, könnte es allerdings so scheinen, als ob nur die Annahme jener eingeklemmten kalkreichen Gebirgsscholle übrig bliebe. Deshalb werden wir uns zunächst der Untersuchung nicht entziehen dürfen, ob zwingende Gründe für diese Annahme vorliegen, ehe wir uns einem anderen Erklärungsversuche zuwenden.

Obwohl die Wahrscheinlichkeit zugegeben werden muss, dass die St. Morizer Mineralquellen, weil sie in einer bestimmten linearen Anordnung zu Tage treten, auf ein und derselben Gebirgsspalte aufsteigen, so darf man doch nicht vergessen, dass diese Spalte selbst noch nicht beobachtet worden ist. Ausser jener linearen Quellenanordnung sind keine weiteren directen oder indirecten Beweise für ihre Existenz bisher bekannt geworden. Wir können also auch nicht wissen,

ob dieser vermutheten Spalte der Charakter einer nur einfachen Kluft oder der einer Verwerfungsspalte zugeschrieben werden darf. Was die von Gümbel gemachten geologischen Beobachtungen betrifft, die ihm eine Einkeilung von grünen Schiefern und Phylliten wahrscheinlich erscheinen liessen, so sind uns dieselben zwar leider unbekannt geblieben, ich vermuthe aber, dass für ihn der winkelige Verlauf der Grenze zwischen Granit und jenem Schiefer bei Surlej Ausschlag gebend war. Nordöstlich der Ortschaft Surlej bilden diese Schiefer einen bewaldeten Hügelvorsprung, hinter dem sich die Granitwände von 1900 bez. 1950 m Meereshöhe an bis zur Kammhöhe des Rosatschstockes erheben. Die Grenze gegen den Schiefer ist scharf und deutlich, sie verläuft in nordwestlicher Richtung gegen die Plaun della Turba. Dort aber biegt sie um, wird in südwestlicher Richtung rückläufig und erreicht so mit dem Südende des Crestaltahügels die Ufer des Sees von Campfèr. Die Granitgrenze hat somit einen winkeligen Verlauf und in den nach Süden geöffneten Winkel dringt wenigstens auf der Ostseite eine Partie jenes Schiefers ein. Ob dies auch auf der Westseite der Fall ist, wissen wir nicht, da hier alles durch Moränen und Seealluvionen verhüllt ist.

Denkbar ist es unter diesen Umständen ganz wohl, dass jener nach Norden vorspringende Schieferkeil sich unterirdisch noch weiter fortsetze, und wenn überhaupt jene Quellenspalte als Verwerfungsspalte existirt, dass diese Fortsetzung als eingeklemmte Scholle in nordöstlicher Richtung sich verlängere und so der aufsteigenden Kohlensäure den Kalk- und Magnesiagehalt liefere. Dieser sehr vagen Vermuthung liesse sich jedoch eine andere entgegensetzen, die Gümbel gar nicht in Erwägung gezogen hat, dass nemlich die Granitmassen bei ihrem Emporsteigen durch das schon gefaltete Schiefergebirge einzelne Theile jener grünen Schiefer und kalkführenden Phyllite eingeschlossen und umhüllt hätten, dass solche grössere Einschlüsse gerade unter St. Moriz verborgen lägen und dem Quellwasser den Mineralgehalt verliehen.

Wir können mithin gar nicht in Verlegenheit kommen,

den seltsamen Mineralgehalt dieser dem Granit entspringenden Quellen zu erklären, so lange wir in Annahmen Befriedigung finden, deren theoretische Möglichkeit nicht bestritten, deren Realität aber eben so wenig bewiesen werden kann.

Um uns jedoch in derartigen unfruchtbaren Speculationen nicht zu verlieren, wollen wir diejenigen thatsächlichen Verhältnisse in Erörterung ziehen, welche geeignet sind, uns über den Ursprung der St. Morizer Quellen aufzuklären.

1. Das Alter des Granites.

Wir fassen hier unter dem Namen Granit alle die verschiedenen granitischen Varietäten, Diorite und Syenite zusammen, welche das Rosatsch-Massiv aufbauen, sich über das Bernina-Massiv weiter ausdehnen und auf der anderen Seite des Innthales Gebirgsketten zusammensetzen, die im Piz Ott, Piz Julier und Piz d'Err allbekannte Bergspitzen besitzen. Nach Art ihrer petrographischen Ausbildung und ihres Vorkommens erweisen sie sich alle als Theile einer einheitlichen und gleichzeitigen Intrusion.

Gümbel hat sich darauf beschränkt festzustellen, dass dieser Granit jünger ist als die ihn umgebenden krystallinen Schiefer und Gneisse, und da er diese als Glieder der archaeischen Formation ansah, so ergibt sich daraus nur, dass der Granit jedenfalls nicht viel älter als palaeozoisch sein kann.

Theobald (Beiträge zur geol. Karte der Schweiz, Lief. 3, S. 228, 1866) hingegen hat sich dahin ausgesprochen, dass diese Granite jünger als die Liasformation seien, weil der Lias das jüngste Sedimentgestein sei, das durch die granitischsyenitische Erhebung gehoben und verbogen wurde. Besonders in der Nähe von St. Moriz bei Gravasalvas sah er den Granit in mächtigen Massen über den Schichtköpfen der gefalteten Bündner- und Liasschiefer ausgebreitet und obwohl er darüber schreibt (S. 123): „Entweder müssen wir eine Ueberschiebung der granitischen Gesteine über diese Schiefer annehmen, oder voraussetzen, dass erstere als ein feurig-flüssiger

Teig sich über letztere ausgebreitet haben", so scheint ihm doch nur die letztere Annahme eingeleuchtet zu haben, und so wurde er um so mehr im Glauben an ein postliasisches Alter des Granites bestärkt. Ein drittes Argument erwähnt er S. 87: „Es ist merkwürdig, dass sich weder im Verrucano noch in dem liasischen Kalkconglomerat Trümmer von Juliergranit oder Serpentin finden, was darauf hinzudeuten scheint, dass diese Gesteine erst nach der Bildung dieser Conglomerate an ihre jetzige Stelle gekommen sind".

Für den Serpentin ist dies richtig. Er ist in diesem Theil der Alpen in Verbindung mit basaltartigen Eruptionen erst nach der ersten Alpenfaltung also zur Tertiärzeit emporgedrungen (siehe: Meine Geolog. Alpenforschungen I, 1900). Für den Engadiner Granit gilt das aber nicht, und es ist offenbar Theobald entgangen, dass das mächtig entwickelte liasische Conglomerat auf der Nordseite des Piz Julier am Suvretta Pass stellenweise erfüllt ist von zum Theil recht grossen Brocken von Porphyr, porphyrartigem Granit mit röthlichen Feldspathen und granitischen Gesteinen mit weisslichen und grünlichen Feldspathen. Ob letztere geradezu dem Juliergranit angehören, muss erst durch eine genaue petrographische Untersuchung festgestellt werden, aber jedenfalls beweisen sie, dass schon vor dem Lias in Graubünden mächtige Granitintrusionen erfolgt und auch in Folge von Dislocationen gehoben, entblösst und zu Uferfelsen des Liasmeeres geworden waren.

Die Hebungen und Verbiegungen der liasischen oder älteren Sedimente im Dache des Granites auf dessen Empordringen zurückzuführen, wie es Theobald gethan hat, geht so lange nicht an, als in diesen Schichten keinerlei Contactmetamorphosen oder granitische Apophysen und Gänge nachgewiesen werden können.

Was endlich die Lagerung grosser Granitmassen auf dem Lias am Lunghino- und Gavasalvas-Pass betrifft, so ist das keine ursprüngliche — denn auch hier fehlen alle Spuren von Contactmetamorphosen — sondern Folge einer grossartigen Ueberschiebung, von der nachher die Rede sein wird.

Wenn wir uns in der weiteren Umgebung von St. Moriz umsehen, so finden wir im Hintergrund des Julierthales auf dem Südgehänge des Piz Suvretta in den dort so mächtig entwickelten Sernifitschiefern hellfarbige Granitgänge, die von deutlichen Contacthöfen umgeben sind. In den auf dem Sernifit ruhenden Dolomiten, Rauhwacken und Gypslagern, ebenso in den höheren Liasschiefern und Flyschgesteinen sind hingegen bisher nirgends granitische Gänge oder Contactmetamorphosen aufgefunden worden. Theobald und Gümbel haben die Dolomite in die Trias, den Sernifit in den Buntsandstein gestellt, ich habe aber schon früher gezeigt, dass diese Gebilde im nördlichen Graubünden von der Trias einschliesslich des Buntsandsteines überlagert werden, also älter wie diese sind. Sie müssen als Vertreter der Permformation aufgefasst werden, und somit ergibt sich für diese Granitintrusionen als das wahrscheinlichste ein unterpermisches Alter, was allerdings nicht absolut für alle Granite dieser Gegend aber doch für einen Theil derselben ausgesprochen sein soll und auch für diese nur unter dem Vorbehalt, dass weitere Untersuchungen der in den Hochregionen der Gletscher und des ewigen Schnees gelegenen Ueberreste der jüngeren Sedimentdecke nicht doch noch Apophysen oder ähnliche Bildungen zur Kenntniss bringen.

Wir sind also dazu gekommen, in den grossen Granitmassen des Engadins Gesteine zu sehen, die sicher vorliasisch, wahrscheinlich jungpalaeozoisch, sind aber jedenfalls längst erstarrt waren, als zur Tertiärzeit die alpinen Hebungen und Faltungen begannen. Dabei wurde dieser Granit geradeso gehoben, geschoben und verworfen wie die Sedimentgesteine.

2. Der Gebirgsbau im Gebiet der Quellen.

An anderem Orte habe ich nachgewiesen, dass eine der grossen rhätischen Ueberschiebungen, durch welche fast die ganze Masse der Ostalpen viele Kilometer weit über diejenige der Westalpen in westlicher Richtung auf verhältnissmässig

sehr flach gelagerten Schubflächen hinwegbewegt worden ist, auch das Engadin quer durchschneidet. Die Schubfläche streicht am Lunghinopass aus, senkt sich auf dem westlichen Thalgehänge des Engadines langsam nach Osten herab bis zum Silvaplaner See und steigt am jenseitigen Gehänge gegen Süden wieder herauf bis zur Höhe des Capütschin, biegt dort nach Osten um und umzieht das Berninamassiv auf dessen Südseite. Das Gebirge unter dieser Schubfläche besteht aus Gneissen mit Granitinjectionen, jenen Marmor- und Dolomitlagern, Kalkglimmerschiefern und grünen Bündnerschiefern, die Gümbel als Phyllite bezeichnet hat, während ich darin Vertreter der älteren palaeozoischen Schichten mit eingelagerten Diabasen und Diabastuffen sehe. Sie werden discordant von permischen Sernifit und Röthidolomit überlagert, auf denen theilweise obertriasische Koessner Kalke, meist aber unmittelbar liasische Kalksteine und Schiefer, mancherorts auch noch Flysch ruhen. Alles dies ist stark gefaltet.

Ueber der Schubfläche treffen wir wiederum Granite und Gneiss, darüber Sernifit und Röthidolomit; ob stellenweise vielleicht auch noch Liasablagerungen darüber erhalten sind, muss erst festgestellt werden.

In Folge dieser Ueberschiebung ist der Granit der Schubmasse bei Gravasalvas auf die gefalteten Schichten des Lias, des Perms und der palaeozoischen Bündnerschiefer zu liegen gekommen, was Theobald bereits erkannt und in der schon erwähnten Weise sich zu erklären versucht hat. Ebenso liegt aber auch der Granit des Piz Surlej bei Surlej über den palaeozoischen Bündnerschiefern und man kann diese Ueberlagerungsfläche (siehe Fig. 1) am Gehänge herauf gegen den Crialetsch am Fusse des Piz Corvatsch leicht verfolgen. Die Schubfläche ist hier mit 10—12° gegen Norden geneigt, wird aber zwischen der Alp Surlej und Mortèls von einer Querverwerfung getroffen, jenseits welcher sie höher und fast horizontal liegt.

Bei Surlej senkt sich die Ueberschiebungsfläche unter den Thalboden. Wenn man annimmt, dass sie sich gegen Norden mit gleicher Neigung von 10° weiter senkt, so muss sie unter

Morizbad bereits etwa 300 Meter unter der Oberfläche liegen. Aber selbst, wenn hierbei ihre Neigung stärker oder schwächer wäre, immer müsste man annehmen, dass der Granit dort auf dem überschobenen Faltengebirge liegt, dass er also nicht in die „unendliche Teufe“ herabgeht. Die Wurzel dieses Granitstockes ist weiter im Osten zu suchen, hier haben wir nur einen oberen Theil gewissermassen den Kopf desselben.

NO. Piz Surlej Fuorcla Surlej Piz Corvatsch SW.

St. Moriz Curhaus Silvaplana Sils Maria

Fig. 1 zeigt die Ueberschiebungsfläche, auf der am rechten Thalgehänge des Engadins die krystallinischen Schiefer (g) und der Granit (gr) über die palaeozoischen Marmore und Dolomite (p^1), die grünen Schiefer (p^2) und die Sernifitschiefer (s) geschoben worden sind. δ Lager von Diabas. r Röthidolomit. 1 : 75000.

Durch den sicheren Nachweis dieser Ueberschiebung ist zugleich das Quellenräthsel gelöst. Die Quellwasser und Gase, die aus dem Granit zu Tage treten, kommen aus grösserer Tiefe und damit aus einer Gebirgsmasse, die von Granit nur oberflächlich bedeckt wird, selbst aber aus verschiedenartigen Meeresablagerungen besteht, welche die Mineralbestandtheile enthalten können, welche die Morizer Thermalquellen auszeichnen.

Wie steht es nun aber mit der Quellenspalte, auf welche Gümbel aufmerksam gemacht hat? Auf Fig. 2 habe ich sie eingezeichnet, wenn schon ein sicherer Beweis für sie, wie schon erwähnt, noch nicht zu erbringen war. Wenn man jedoch annimmt, dass die westliche Gebirgsmasse auf dieser Spalte eine Senkung

erfahren habe, dann erklärt es sich, was sonst kaum verständlich wäre, warum der Granit, der östlich von Surlej bei 1950 m Meereshöhe über dem palaeozoischen Bündnerschiefer liegt, 1 km weiter im Westen, wo er eigentlich in ebenso hoher Lage erwartet werden sollte, bereits über 150 m tiefer herabreicht, so dass der unterliegende Schiefer am Ufer des Sees vom Campfèr gar nicht mehr sichtbar ist. Besser unterrichtet sind wir von einer zweiten Verwerfung, welche mit dieser ungefähr parallel verläuft und durch das ganze obere Engadin auf der westlichen Thalseite hinläuft. Auf ihr haben grosse Verschiebungen nachweislich stattgefunden und es zustande gebracht, dass nirgends eine vollkommne Uebereinstimmung im geologischen Bau der beiden Thalseiten besteht. (Näheres darüber werde ich in

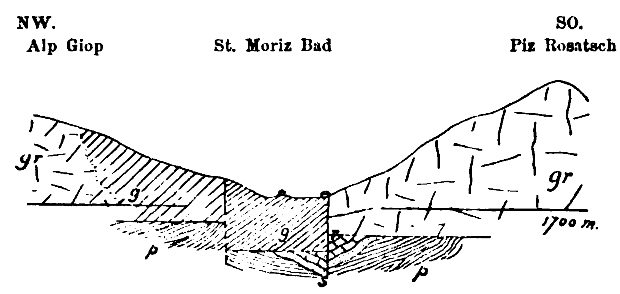


Fig. 2. Schnitt quer über das Innthal (1 : 75000) mit den muthmasslichen tektonischen Verhältnissen unterhalb des 1700 Meter-Niveaus.

Alpenforschungen II später mittheilen.) So mag es denn gestattet sein, die Quellenspalte als eine Begleiterscheinung jener Verwerfungsspalte aufzufassen, und es ergibt dies dann für die nähere Umgebung von St. Moriz das Bild eines Grabenbruches, wie ihn Fig. 2 zur Darstellung bringt.

Was früher als etwas Seltsames und schwer zu Erklärendes erschien, nemlich der Mineralgehalt der Morizer Thermen, das ist für die nun gewonnene tektonische Auffassung etwas ganz selbstverständliches, ja geradezu nothwendiges geworden. Die Quellen müssen aus Kalkgebirg aufsteigen, weil sie Thermen sind, also aus grösseren Tiefen kommen.

3. Woher stammt die viele freie Kohlensäure?

Diese Erscheinung ist nicht auf St. Moriz beschränkt, sondern recht eigentlich eine besondere Eigenthümlichkeit Graubündens, wodurch sich dasselbe vor den meisten anderen Theilen der Alpen auszeichnet. Ebenso eigenthümlich ist aber dieser Gegend das Vorhandensein zahlreicher tertiärer Basalt- und Serpentingänge. Die Basalte sind allerdings in der Literatur hinter den Namen Melaphyr, Spilit, Diabas und Diorit ziemlich gut versteckt, aber es sind jedenfalls basaltartige Eruptionen, die abwechselnd alle alpinen Sedimentgesteine durchsetzten und zwar zu einer Zeit, als die alpine Faltung hier schon vollendet war, also etwa in der mittleren Oligocänzeit oder später. Das Gleiche gilt für die Serpentine, die in wild verbogenen Schichten aufsetzen und trotzdem oft kilometerlange, ganz geradlinige Gänge darin bilden. Freilich hat man vielfach versucht, diese Serpentine in einen genetischen Zusammenhang mit den sog. grünen Bündnerschiefern zu bringen, welche nach meiner Auffassung palaeozoische Diabase und Diabastuffe sind, und es ist ja auch die Möglichkeit keineswegs von der Hand zu weisen, dass in den Alpen auch Serpentinmassen vorkommen, die älter als tertiär sind. Dies ändert aber nichts an der Thatsache, dass Graubünden zur Tertiärzeit der Schauplatz stärkerer vulkanischer Thätigkeit war, die jetzt allerdings ganz erloschen zu sein scheint, aber in den starken Kohlensäure-Exhalationen noch wenn auch schwache Nachwirkungen verräth. Als solche steigen also auch die Gase unter St. Moriz aus grösseren Tiefen und mit hohen Temperaturen auf. Sie werden von den kühleren unterirdischen Gewässern aufgenommen und abgekühlt, erwärmen aber ihrerseits jene Gewässer, die mit dieser Unterstützung lebhafter mineralische Stoffe in Lösung nehmen und mit ihnen in die Höhe steigen.

4. Woher stammen die mineralischen Bestandtheile?

Das Vorhandensein des basalen Kalkgebirges erklärt uns zu Genüge den Gehalt an Kalk-, Magnesium-, Eisen- und Mangancarbonaten sowie an Kieselerde und Thonerde. Anders liegt es mit den Sulphaten, Chloriden, dem Bor, Brom und Jod. Das sind Stoffe, die das Meereswasser in Lösung enthält und unter günstigen Verhältnissen auch in seinen Sedimenten ausscheidet. Aber wo wir ältere Meeresablagerungen zu Tage gehen sehen, sind diese Bestandtheile gewöhnlich nicht, oder doch nur theilweise und in verschwindenden Massen vorhanden, so dass wir uns gewöhnt haben, sie nicht zu den gewöhnlichen Absatzproducten zu zählen. Gleichwohl dürften sie viel häufiger zu Ablagerung gekommen sein, als sich beobachten lässt. Da aber, wo sie nicht in grösseren Mengen in Form von Steinsalz- oder Sollagern auftreten, sondern nur verhältnissmässig spärlich den Kalk-, Mergel- oder Thonschichten beigemengt waren, sind sie im Ausgehenden dieser Gesteine längst durch die circulirenden Tageswässer ausgelaugt, und nur in grösseren Tiefen kann dieser Salzgehalt noch erhalten geblieben sein, wo eben noch keine so kräftige Durchwässerung eingetreten ist. Wir können also erwarten, dass alle marinen Sedimente, die hier unter dem Schutze der darübergeschobenen Granitdecke liegen, noch jene leicht löslichen Salze, soweit sie darin abgesetzt worden wären, aufgespeichert enthalten und nun an die aufsteigenden kohlensäurereichen Thermalwasser abgeben. Besonders jedoch steht zu erwarten, dass die permischen Dolomite, die von Rauhwacken und Gypslagern begleitet sind, reich an solchen Salzen gewesen sind und in ihnen dürfen wir deshalb die Hauptlieferanten sehen.

Wir wissen aber, dass die palaeozoischen Bündner Schiefer von Permablagerungen discordant überlagert werden, und es hätte somit gar nichts auffallendes, wenn unter dem Boden von St. Moriz und seiner Granitdecke solche permische Ablagerungen in grösserer Mächtigkeit vorhanden wären, wie dies in Fig. 1 und 2 dargestellt ist.

Für die Wahrscheinlichkeit dieser Annahme lässt sich anführen, dass thatsächlich oberhalb Surlej zwischen dem Granit bezw. Gneiss und den liegenden Bündner Schiefern die permischen Sernifitschiefer ausstreichen, und wenn die Dolomite darüber fehlen, so erklärt sich dies durch die Richtung der Ueberschiebung, durch welche sie hier weggeschoben worden sind, während sie auf der anderen Thalseite oberhalb Gravasalvas noch thatsächlich erhalten geblieben sind aus dem Grunde, weil sie da tiefer in die Bündner Schiefer eingefaltet waren. Aehnlich können aber auch die Verhältnisse unter St. Moriz liegen.

5. Zusammenfassung der Ergebnisse.

Ein grosser Granitstock, der in Gneiss, krystallinen Schiefern und palaeozoischen Sedimenten aufsitzt und wahrscheinlich gegen Ende der palaeozoischen Zeit eingedrungen war, ist mit diesen Schiefern und den später über und neben ihm abgelagerten jüngeren Meeressedimenten in der Oligocänperiode von der ersten alpinen Faltung ergriffen und dislocirt worden. Darauf wurde er von der rhätischen Ueberschiebungsspalte, welche in dem Alpenkörper entstand und denselben von Nord nach Süd quer durchschnitt, in zwei übereinander liegende Theile zerlegt, von denen der obere durch jene Ueberschiebung nach Westen fortgeschoben, von seinem Sockel entfernt und auf bereits gefaltete palaeozoische und mesozoische Meeresablagerungen heraufgeschoben wurde. Der Piz Rosatsch, sowie die ganze Bernina-Granitmasse, der Julier- und Albula-Granit gehörten zu diesem jetzt wurzellosen nach Westen verschobenen Granitstock, der nachträglich nochmals von Gebirgsspalten in verschiedenen Richtungen durchschnitten und in mehrere Schollen zerlegt wurde, die ebenfalls durch vertikale und horizontale Bewegungen gegeneinander verschoben worden sind, so dass deren ursprünglicher Zusammenhang auch in dieser oberen Hälfte des Granitstockes gründlich verloren ging.

Vielleicht gleichzeitig damit, jedenfalls aber zeitlich nicht

weit davon entfernt, fanden im Gebiet dieser Ueberschiebung Durchbrüche von Basalt- und Serpentinmassen statt, die gangförmig aus der Tiefe emporstiegen. Obschon diese vulkanische Thätigkeit längst erloschen ist, so erkennen wir ihre Nachwirkungen doch noch an den starken Gasausströmungen, welche sich an vielen Orten und so auch bei St. Moriz in Form von kohlensäurereichen Thermalquellen äussern.

Die in die Erde eindringenden Wasser der atmosphärischen Niederschläge absorbiren in der Tiefe diese Gase und erhalten dadurch einen Auftrieb, der sie auf vorhandenen Gebirgsspalten aufsteigen macht. Sie steigen um so höher, je grösser der hydrostatische Druck ist, d. h. je höher die Niveaufläche des Untergrundwasserstandes liegt. Da diese im Engadin im Winter ihren tiefsten, im Sommer aber in Folge der Schneeschmelze einen bedeutend höheren Stand hat, so begreift es sich leicht, warum die im Sommer stark fliessenden St. Morizer Thermalquellen im Winter sehr schwach sind oder auch ganz ausbleiben.

Der hohe Mineralgehalt dieser verhältnissmässig kalten Quellen ist demnach dadurch bedingt, dass die Auflösung von Salzen in grösseren Tiefen begünstigt durch die freie Kohlensäure und hohe Temperatur vor sich geht und dass das aufsteigende Wasser erst in höheren Regionen durch das kältere niedersinkende Tageswasser abgekühlt wird.

Der für die St. Morizer Quellen charakteristische Mineralgehalt besteht hauptsächlich aus Bestandtheilen, die im Meereswasser gelöst vorkommen, mithin auch in Meeresablagerungen zum Absatz kommen können und wahrscheinlich von dem palaeozoischen Meere in seinen Sedimenten einstmals aufgespeichert worden sind, aus denen sie jetzt die kohlensäurehaltigen St. Morizer Quellen beziehen und wieder an die Erdoberfläche bringen.

Sitzung vom 5. Juli 1902.

1. Herr C. Göbel hält einen Vortrag: „Ueber Regeneration bei Pflanzen". Derselbe wird anderweit zur Veröffentlichung gelangen.

2. Herr Seb. Finsterwalder überreicht, auf Ersuchen des Herrn Herm. Ebert, zu der in der Maisitzung vorgelegten und in den Sitzungsberichten veröffentlichten Abhandlung der Herren Karl Fischer und Heinrich Alt über Dampfspannung des reinen Stickstoffes einen Nachtrag: „Erstarrungs- und Schmelzdruck des Stickstoffes".

Erstarrungs- und Schmelzdruck des Stickstoffs.

Von **K. T. Fischer** und **H. Alt.**

(*Eingelaufen 5. Juli.*)

1. In unserer Arbeit über die Dampfspannung des reinen Stickstoffs[1]) waren wir auf Grund der Clapeyron'schen Gleichung zum Schluss gekommen, dass die Verdampfungswärme des Stickstoffs mit abnehmender Temperatur erst steigt, um dann in der Nähe des Erstarrungspunktes wieder abzunehmen, wenn man die spezifischen Volumina des Stickstoffdampfes aus dem von Dewar ermittelten Wert 256.83 ccm/gr bei 760 mm Druck und 90.5° absoluter Temperatur nach dem Mariotte-Gay-Lussac'schen Gesetz extrapolieren darf (l. c. S. 147). Die direkten Bestimmungen der Verdampfungswärme, welche Herr Alt inzwischen ausgeführt hat, haben diesen Schluss nicht bestätigt, sondern eine stetige, wenn auch geringe Zunahme der Verdampfungswärme des Stickstoffs bei abnehmender Temperatur ergeben. Von 700 mm bis herab zu 120 mm Druck stimmen die von uns berechneten Werte der Verdampfungswärme mit den beobachteten so genau als zu erwarten war, überein, von da ab jedoch ergeben sich grosse Differenzen. Sucht man den Grund für diese Abweichungen in den Beobachtungen der Dampfspannung, aus welchen wir ja die Aenderung der Dampfspannung mit der Temperatur berechnen mussten, so wäre ein Fehler noch am ehesten in der Druckbestimmung zu vermuten, da wir für den Erstarrungsdruck des Stickstoffs stark von einander abweichende Werte

[1]) Sitzungsber. der bayer. Akad. d. Wissensch. S. 113—151, 1902.

erhalten haben (l. c. S. 135); würde man aus den direkt ermittelten Werten der Verdampfungswärmen auf den Erstarrungsdruck extrapolieren, so würde sich, wenn die Temperatur als richtig angenommen ist, ein Erstarrungsdruck von 78 mm ergeben. Da wir in der That einige Male so niedrige Werte beobachtet hatten, so nahmen wir neuerdings eine eigene Untersuchung über den Erstarrungs- und Schmelzdruck des Stickstoffs vor.

2. Da wir früher zur Vermeidung von Siedeverzügen Wasserstoff in den Stickstoff eingeleitet hatten, und in diesem Falle den Druck sogar eher höher als niedriger wie 86 mm anzunehmen uns veranlasst sahen, so glaubten wir, es könnte, trotzdem wenig Wahrscheinlichkeit dafür vorhanden war, die Zufuhr von Wasserstoff eine wesentliche Fehlerquelle gebildet haben und vermieden bei den neuen Versuchen dieses Hilfsmittel vollständig. Da die Untersuchungen des Herrn Alt zeigten, dass bei der Verdampfung des Stickstoffs durch elektrische Heizung Siedestösse nicht auftraten, so führten wir in die l. c. S. 125 abgebildete Anordnung statt der Kapillaren *K*, welche früher Wasserstoff zuleitete, eine Platinheizspirale ein, welche aus einem 2 m langen, 0,11 mm dicken Drahte hergestellt war und mit 0,3—0,5 Amper Strom beschickt werden konnte, wenn Siedeverzüge zu befürchten waren. Um auch jedes andere Fremdgas so viel wie möglich vom Stickstoff fern zu halten, schlossen wir den Recipienten, unter dem sich der verdampfende Stickstoff befand, an 2 grosse eiserne Vacuumkessel von zusammen 700 Liter Inhalt an, welche bis auf 40—50 mm Druck durch die schon früher benützte Bianchi'sche Pumpe leer gepumpt werden konnten, und in welchen sich also während der Versuche eine ziemlich reine Stickstoffatmosphäre ansammeln musste. Da der Druck durch die elektrische Heizung und durch Feinverstellung eines zwischen Recipienten und Vacuumkessel angebrachten Hahnes geregelt und konstant gehalten werden konnte, so konnte auch der Seitenhahn fortgelassen werden, durch welchen wir früher zeitweise Luft in die Pumpenleitung hatten eintreten lassen

(l. c. S. 129). Die im Recipienten befindliche Luft wurde wohl bald ziemlich vollständig ausgetrieben, da das Stickstoffgefäss sofort nach der Füllung mit in Luft filtriertem Stickstoff unter den Recipienten gesetzt wurde und zunächst der Stickstoff noch äusserst lebhaft verdampfte, bis das Dewargefäss genügend abgekühlt war.

3. Wir führten im Ganzen 10 Versuchsreihen durch und zwar benützten wir für den ersten Versuch ein kugeliges, durchsichtiges Dewarfläschchen von 153 ccm Inhalt und für die folgenden ein kleineres, cylindrisches, durchsichtiges Dewarfläschchen von 50 ccm Inhalt. Der eine von uns beobachtete das Barometer, welches dasselbe war wie früher und regelte den Druck, der andere beobachtete gleichzeitig mittelst Kompensationsmethode die elektromotorische Kraft des Kupfer-Konstantanelementes, welches wir auch schon früher benutzt hatten. Es lieferte dieses Thermoelement dieselben elektromotorischen Kräfte für den Siedepunkt und Gefrierpunkt, die wir schon früher erhalten hatten, sodass wir für diese dieselben Temperaturen annehmen konnten, den Siedepunkt natürlich mit Rücksicht auf die Aenderung des Barometerstandes entsprechend korrigiert. Um festzustellen, inwieweit der Sauerstoffgehalt den Gefrierdruck erniedrige, nahmen wir eine bestimmte Menge flüssigen Stickstoff und brachten sie wiederholt zum Erstarren und Schmelzen, indem wir gegen geringen Druck verdampfen liessen; da nach den Untersuchungen Baly's[1]) aus einem sauerstoffarmen Gemisch von Stickstoff-Sauerstoff hauptsächlich Stickstoff verdampft, während der Sauerstoff der Hauptsache nach in der Flüssigkeit zurückbleibt, so musste schliesslich ein relativ sauerstoffreicher Flüssigkeitsrest übrig bleiben und sich zeigen, ob in der That, wie wir schon früher vermutet, der Erstarrungsdruck hauptsächlich durch Sauerstoffverunreinigung erniedrigt wird (l. c. S. 132). Wenn der zur Verflüssigung gebrachte Stickstoff auch nur 0,02 % Sauerstoff enthielt, so konnte, wenn schliesslich ein Quantum

[1]) E. C. C. Baly, Phil. Mag. 49. S. 521, 1900.

von 50 ccm auf 1 ccm eingedampft war, dieser Rest ca. 1% Sauerstoff enthalten. Um über diese im schliesslichen Stickstoffrest verbleibende Sauerstoffmenge einen Anhaltspunkt zu gewinnen, analysirten wir am Schluss einiger Versuche die letzten im Dewargefäss verbleibenden Rückstände, indem wir das Dewarfläschchen rasch aus dem Recipienten herausnahmen, mit einem Gummistopfen und Gummischlauch verschlossen, erst noch durch Schütteln kräftige Verdampfung stattfinden liessen und dann den Gummischlauch an die Hempel'sche Bürette ansetzten, um die Sauerstoffanalyse mit Kupfer in ammoniakalischer Lösung vorzunehmen; auch während des Füllens der Bürette, die 53,4 ccm hielt, wurde das Dewarfläschchen geschüttelt, damit energische Verdampfung erfolgte. Um einen Anhaltspunkt dafür zu gewinnen, wie viel von der Flüssigkeit verdampft war, wenn dieselbe zum zweiten oder dritten Male zum Erstarren gebracht wurde, hatten wir neben das cylindrische Dewarfläschchen einen Millimetermassstab gestellt, um aus der Höhe der Flüssigkeit auf das noch vorhandene Volumen schliessen zu können. In der folgenden Tabelle S. 214 u. 215 sind die Versuchsresultate zusammengestellt. Die Horizontalreihen enthalten die bei wiederholtem Erstarren und Schmelzen und dabei stattfindender Abnahme der Flüssigkeitsmengen beobachteten Erstarrungs- und Schmelzdrucke mit Angabe des Verhältnisses des ursprünglichen Volumens zu dem jeweils noch vorhandenen Volumen Flüssigkeit, und zwar sind die Versuche so geordnet, dass die reinsten Proben in der ersten Reihe stehen. Der Erstarrungs- und Schmelzdruck ist ausserordentlich konstant und sicher zu beobachten; auch wenn man die Verdampfung rasch erfolgen lässt, stellt sich von dem Momente an, wo das Schmelzen oder Erstarren beginnt, ein konstanter Druck ein, der bei einem genügend guten Barometer auf einige zehntel Millimeter genau zu beobachten ist. In unserem Falle gestattete das — selbsthergestellte — Barometer mit verschiebbarer Skala nicht mehr als 2 zehntel Millimeter Ablesegenauigkeit. Bei dem ersten Versuch, in dem das Volumen über 90 ccm betrug, blieb der Erstarrungs-

druck 10 Minuten hindurch konstant, in den anderen Versuchen je nach der vorhandenen Menge Flüssigkeit eine halbe bis mehrere Minuten, und ebenso der Schmelzdruck. Nachdem die ganze Masse erstarrt war, wurde noch weiter bis auf ca. 20 mm unter den Erstarrungsdruck abgekühlt und ebenso liessen wir, nachdem die ganze Masse vollständig geschmolzen war, jeweils den Druck bei abgeschlossenem Recipienten auf ca. 150 mm ansteigen, ehe wir von neuem Erstarrung herbeiführten.

4. Die Tabelle lehrt, dass in der That der Erstarrungsdruck des Stickstoffs durch Sauerstoffbeimengung erheblich erniedrigt wird, und zwar würde aus den Zahlen schätzungsweise folgen, dass 1 Gewichtsprozent Sauerstoff den Erstarrungsdruck des Stickstoffs um 8—10 mm erniedrigt. Ferner dass nach unserer Beobachtungsmethode der Erstarrungsdruck des reinen Stickstoffs um ca. 1.7 mm niedriger ist als der Schmelzdruck, und dass diese Differenz zunimmt, wenn die Sauerstoffverunreinigung zunimmt. Die angegebene Fehlergrenze $\pm$ 0,6 mm haben wir schätzungsweise eingesetzt; der hierbei sich ergebende Wert steht mit dem in unserer früheren Arbeit angegebenen Wert für den Erstarrungsdruck, nämlich 86 $\pm$ 4 mm, in Einklang. Dass flüssige Luft durch das von uns für Stickstoff angewandte Verfahren des Verdampfens festgemacht werden kann, ist unwahrscheinlich, da der Erstarrungsdruck mit dem Sauerstoffgehalt so stark abnimmt; dagegen dürfte Abkühlung mit einer kälteren Flüssigkeit (Sauerstoff oder am besten flüssigem Wasserstoff) diese Verfestigung leicht herbeiführen.

5. Da wir die Dampfspannungskurve durch den Punkt $p = 86$ mm, $T = -210{,}52^0$ Cels. gelegt haben, müssen die Werte für die Dampfspannung in der Nähe des Erstarrungspunktes etwas geändert werden. Gelegentlich der hier beschriebenen Versuche haben wir mit unserer neuen Anordnung einige Punkte zwischen 150 und 90 mm neu bestimmt und hiernach als Temperatur des gesättigten Stickstoffdampfes

Für 120 mm Druck —208.46° C. gegenüber früher —208.24° C.
„ 110 „ „ —209.15° „ „ „ —208.77° „
„ 105 „ „ —209.44° „ —
„ 100 „ „ —209.78° „ „ „ —209.35° „
„ 95 „ „ —210.12° „ „ „ —209.68° „
„ 89.2 „ „ —210.52° „ „ „ —210.1° „

gefunden, wobei wie früher als Temperaturskala die des Konstantvolum-Wasserstoffthermometers gewählt und für den Spannungskoeffizienten des Wasserstoffs der Chappuis'sche Wert $a = 0.0036625$ angenommen ist.

Diese neuen Werthe ändern die Grösse $\frac{dp}{dT}$ gegenüber

Aenderung des Erstarrungs- und Schmelzdruckes des

r_0 = ursprüngliches Volumen. $k = \frac{\text{Restvolumen}}{r_0}$

Nr. des Versuchs	r_0 ccm	I p	I p'	I k	II p	II p'	II k	III p	III p'	III k	IV p	IV p'	IV k
1.	150	89.2	90.2	$\frac{1}{2}$		-			—			—	
9.	50	89.2	91.2	$\frac{1}{5}$	88.2	90.7	$\frac{1}{15}$		—		86.2	89.4	$\frac{1}{5}$
8.	50	89.2	91.2	$\frac{1}{8}$		—		87.2	90.7	$\frac{1}{8}$		—	
								87.2	90.2	$\frac{1}{4}$			
10.	50		—		88.5	90.2	$\frac{1}{3}$	87.2	89.2	$\frac{1}{5}$		—	
4.	50		—			—		87.2	90.2	$\frac{1}{8}$	86.2	88.2	$\frac{1}{4}$
6.	50		—						—			—	
7.	50		—			—			—			—	
3.	50		—			—			—			—	
5.	50		—			—			—			—	
2.	50		—			—			—			—	
Mittel der Differenzen $p'-p$		1.7 mm			2.25 mm			2.9 mm			2.6 mm		

Mittel für den **Erstarrungsdruck des reinen Stickstoffs**
„ „ „ **Schmelzdruck** „ „ „

unseren früheren Zahlen nicht erheblich, und es kann daher die Folgerung eines Maximums der Verdampfungswärme des Stickstoffs, die wir aus der Clapeyron'schen Gleichung gezogen haben, nicht deswegen unzutreffend sein, weil die von uns früher angegebene Dampfspannungskurve in der Nähe des Erstarrungspunktes wegen der Unsicherheit der dort beobachteten Erstarrungsdrucke zu ungenau bestimmt war; was die Ursache der Abweichung ist, namentlich ob nicht die specifischen Volumina thatsächlich andere sind als die nach Dewar berechneten, kann nur durch eine weitere Untersuchung festgestellt werden.

Stickstoffs bei Verunreinigung durch Sauerstoff.

p = Erstarrungsdruck in mm Hg. p' = Schmelzdruck in mm Hg.

V			VI			VII			VIII			Analyse des letzten Flüssigkeitsrestes auf Sauerstoffgehalt	
p	p'	k	p	p'	k	p	p'	k	p	p'	k		
	—			—			—			—			—
	—			—			—			—		0.6—0.8 ccm	1.3 % Vol. O_2
	—			—			—			—		0.5 ccm	2.4 % Vol. O_2
85.2	88.2	$\frac{1}{8}$		—		82.7	86.7	$\frac{1}{15}$		—		0.1—0.2 ccm	2.5 % Vol. O_2
	—		84.2	88.7	$\frac{1}{8}$	82.2	86.7	$\frac{1}{9}$	80.2	87.7	$\frac{1}{15}$		—
85.2	87.7	$\frac{1}{8}$	83.7	86.2	$\frac{1}{8}$		—		81.2	84.2	$\frac{1}{10}$	0.8 ccm	4.3 % Vol. O_2
85.2	87.7	$\frac{1}{8}$		—		83.0	85.7	$\frac{1}{6}$	79.2	83.2	$\frac{1}{10}$	0.5 ccm	5.6 % Vol. O_2
85.0	88.1	$\frac{1}{4}$		—			—		77.8	?	$\frac{1}{15}$		—
	—		83.7	87	$\frac{1}{8}$	83.2	87.2	$\frac{1}{8}$	80.2	?	$\frac{1}{20}$	0.1—0.2 ccm	6—7 % Vol. O_2
	—			—			—		81.5	85.5	$\frac{1}{10}$		—
2.8 mm			3.4 mm			3.8 mm			4.6 mm				

$$\left.\begin{aligned} p &= 89.2 \pm 0.6 \text{ mm} \\ p' &= 90.9 \pm 0.6 \text{ mm} \end{aligned}\right\} \text{Mittel: } 90.0 \pm 0.3 \text{ mm.}$$

Oeffentliche Sitzung

zur Feier des 143. Stiftungstages

am 13. März 1902.

Die Sitzung eröffnet der Präsident der Akademie, Geheimrath Dr. K. A. v. Zittel, mit folgender Ansprache:

Königliche Hoheiten!
Hochgeehrte Festversammlung!

Die festliche Sitzung der Königl. bayer. Akademie der Wissenschaften im Monat März ist der Erinnerung an ihre Gründung gewidmet. Fast einhundertzweiundvierzig Jahre sind verflossen, seit Churfürst Maximilian Joseph am 28. März den Stiftungsbrief unterzeichnete, durch welchen die churbayerische Akademie ins Leben trat. Ihre Aufgabe sollte sein, alle nützlichen Wissenschaften und freien Künste in Bayern zu verbreiten und insbesondere auch die philosophischen, mathematischen und geschichtlichen Wissenschaften zu pflegen.

Gegenwärtig sind ihre Ziele allerdings nicht mehr auf die Nützlichkeit und praktische Verwertung der Wissenschaften gerichtet — diese Aufgabe hat sie an andere Anstalten abgetreten; in ihr soll vielmehr die freie Forschung unbekümmert um alle Nebenzwecke gepflegt werden. Dankbar wird das bayerische Vaterland anerkennen, was unsere Vorgänger auf dem Boden der praktischen Verwertung der Wissenschaft und

des Schulwesens geleistet haben und wenn uns heute auch vielfach andere Ziele gesteckt sind, so hoffen wir beim Ausblick in die Zukunft, dass auch fernerhin ein guter Stern unseren Bestrebungen leuchtet und dass wir uns der Gunst und des Ansehens, deren wir uns erfreuen, würdig erweisen. Ist unsere Akademie auch in drei Klassen gegliedert, von denen jede ihre besonderen Aufgaben verfolgt und ihre eigenen Wege einschlägt, so will sie doch als Ganzes die Gesamtheit der reinen Wissenschaften darstellen und den inneren Zusammenhang derselben wahren.

Ihre Bestrebungen haben in den letzten Jahren mancherlei höchst erfreuliche Förderung auch von privater Seite erhalten, wie die Zographos-, Thereianos-, Bürger-, Cramer-Klett-, die Königs-Stiftung und verschiedene namhafte Geldunterstützungen für verschiedene wissenschaftliche Zwecke beweisen. Auch im vergangenen Jahre wurde uns eine Spende unseres hohen Protektors für archäologische Ausgrabungen auf der Insel Aegina zu teil und diese von unserem Mitglied Professor Furtwängler mit grossem Erfolg durchgeführten Forschungen können durch eine hochherzige Stiftung des Herrn Bassermann-Jordan, Weingutsbesitzer in Deidesheim, in grösserem Massstab fortgesetzt werden. Bayern kann stolz darauf sein, dass diese von unserem Königshaus eingeleitete Unternehmung durch die Opferwilligkeit eines seiner Bürger weiter geführt wird und damit die bayerische Akademie in Wettbewerb mit anderen Nationen tritt, welche sich die archäologische Erforschung Griechenlands seit langem als Aufgabe gestellt haben.

Zur Förderung von Untersuchungen, welche sich auf die Geschichte, Sprache und Literatur, die Kunst, das öffentliche und Privatleben der Griechen im Altertum und im Mittelalter bis zur Eroberung Konstantinopels durch die Türken beziehen, besitzt unsere Akademie die Stiftung des Griechen Thereianos.

Aus ihren Renten wurden drei einfache Preise zu je 800 M. verliehen:

1. an den Generalephor der Altertümer in Athen Kabbadias für sein im Jahre 1900 erschienenes Werk über das Heiligtum des Asklepios in Epidaurus,

2. an Robert Pöhlmann, Professor für alte Geschichte an der Universität München, für die Geschichte des Kommunismus und Sozialismus, von welcher der erste Band 1893, der zweite 1901 erschienen ist, wobei ausdrücklich betont wird, dass ein einfacher Preis für dieses Werk nur deshalb beschlossen wurde, weil für einen Doppelpreis bei den sonstigen Anforderungen die Mittel gefehlt haben,

3. an den Professor an der Universität Athen Politis für das grosse Unternehmen einer Sammlung griechischer Sprichwörter, von welcher 1899 und 1900 drei Bände erschienen sind.

Für wissenschaftliche Unternehmungen wurden bewilligt:

1500 M. für die Fortsetzung der Byzantinischen Zeitschrift,

1000 M. für die Abfassung eines die ersten 12 Bände der Byzantinischen Zeitschrift umfassenden wissenschaftlichen Index, womit der Lehramtskandidat P. Marc betraut worden ist,

2000 M. für die Fortsetzung des von Professor Furtwängler und Reichold herausgegebenen Werkes über griechische Vasenmalerei.

Aus den Zinsen der Münchener Bürger- und Cramer-Klett-Stiftung konnten mehrere wissenschaftliche Unternehmungen unterstützt werden, von denen einige allgemeines Interesse erwecken dürften. So wurde mit 3000 M. aus der Bürgerstiftung eine Expedition nach der libyschen Wüste zum Zweck geologischer und paläontologischer Forschungen ausgerüstet und von den Herren Dr. M. Blanckenhorn, Privatdozent in Erlangen und Dr. Stromer v. Reichenbach, Privatdozent in München mit erheblichem wissenschaftlichem Erfolge durchgeführt.

Professor Dr. Hofer gelang es, den Erreger der Krebspest zu ermitteln; er wird nun seine Untersuchungen mit einer Unterstützung von 500 M. aus der Cramer-Klett-Stiftung in Russland, wo gegenwärtig die Krebspest herrscht, fortsetzen. Die Ergebnisse dürften bei der bevorstehenden Wiederbesetzung

unserer Flüsse mit Krebsen von Wichtigkeit werden. Mit einer kleineren Summe (119 M. 76 Pf.) sollen die bereits am Starnbergersee ausgeführten Untersuchungen über die periodischen Schwankungen des Seespiegels nunmehr in diesem Sommer auch am Chiemsee fortgesetzt werden.

Professor v. Groth erhielt für einen Hilfsarbeiter bei seinen krystallographisch-chemischen Untersuchungen über die Beziehungen zwischen der Krystallform und der chemischen Konstitution der unorganischen und organischen Körper aus der Cramer-Klett-Stiftung 1200 Mark.

Aus der Stiftung für chemische Forschungen wurden Herrn Professor Hofmann 800 M. für Untersuchungen an seltenen Mineralien bewilligt, Herr Professor Lindemann erhielt 200 M. für Berechnungen von Spectrallinien.

In der letzten Festsetzung habe ich versucht, ein Bild von der wissenschaftlichen Thätigkeit unserer Akademie zu geben, heute möge es mir gestattet sein, einige Mitteilungen aus den Jahresberichten der Konservatoren über wichtigere Erwerbungen und Vorgänge in den unter dem General-Konservatorium vereinigten wissenschaftlichen Sammlungen und Anstalten des Staates während der Jahre 1900 und 1901 zu machen.*)

Für das **Antiquarium** wurden durch den in die antiken Ausgrabungsgebiete beurlaubten Assistenten Dr. Hermann Thiersch u. a. griechische Marmorköpfe, Terrakotten, Bronzen und ein ägyptisches Gewandstück erworben.

Aus dem Kunsthandel 10 neue Terrakotten, 5 Bronzen, ein griechischer Spiegel, eine Thonlampe mit dem Töpfernamen Philomusos und syrische Glasgefässe.

An Geschenken erhielt es: 1. vom Berliner Museum 12 Thongefässe aus Kahun (Ende der 12. Dynastie), 2. von einem ungenannten Geber die vollständige Sammlung der Geislinger galvanoplastischen Nachbildungen mykenischer Alter-

*) Aus diesem Bericht wurden nur einige der wichtigsten Erwerbungen in der Festsitzung erwähnt.

tümer, 3. von Herrn Bassermann-Jordan in Deidesheim Bronzespiegel mit Reliefzeichnungen, und eine Sammlung antiker Messinstrumente u. a., 4. von Seton-Karr in London eine Kollektion prähistorischer Steinwerkzeuge aus der östlich von Aegypten gelegenen Wüste, 5. von Kunstmaler E. Platz eine hölzerne Osirisstatue.

Unter Beihilfe von Hermann Thiersch, Karl Dyroff und Ludwig Curtius gab der Konservator v. Christ einen neuen Führer heraus, der den früheren um das Doppelte übertrifft und die wissenschaftliche Benützung ermöglicht.

Münzkabinet: Aus den antiken Erwerbungen des Jahres 1900 sei hervorgehoben ein herrlicher Goldstater von Lampsakus von wunderbarer Erhaltung und ein Tetradrachmon von Metapont mit dem Kopf des Heros Leukippos, beide aus dem 4. Jahrhundert. Die deutschen Kaisermünzen wurden bereichert durch Ankäufe aus dem Nachlass des Majors Schleiss, die Abteilung der Wittelsbacher Medaillen, welche im Kabinet einen hervorragenden Platz einnimmt, durch zwei Porträtstücke (Anna Maria Franziska von Lauenburg, in erster Ehe vermählt mit Philipp Wilhelm von der Pfalz, und Anna Maria Louise von Medicis, Gemahlin des Johann Wilhelm von der Pfalz).

Von Geschenken seien erwähnt jene des Königlich siamesischen Hofarchitekten Sandrezky, des englischen Schriftstellers Sidney-Whitman, der Herren Willmersdörffer (Vater und Sohn) in München und des Kgl. Hauptmünzamtes. Ferner vermachte Herr von Pettenkofer die ihm von gelehrten Gesellschaften, Münchener Bürgern u. a. gestifteten fünf goldenen Ehrenmedaillen.

Das Kabinet wird nach Lage der Sache von Sammlern, Privaten und Händlern stark in Anspruch genommen; daraus ergeben sich ähnliche Vorteile wie beim Gipsmuseum.

Im Jahre 1901 waren es hauptsächlich eine Reihe mittelalterlicher Münzfunde, welche dem Kabinet zur wissenschaftlichen Aufnahme und teilweisen Erwerbung zugingen (darunter die wichtigsten von Wiedermünchsdorf bei Vilshofen,

Seiboldsdorf bei Vilsbiburg aus dem 13. Jahrhundert, von Dökingen bei Gunzenhausen; unter den 2000 Schwarzpfennigen des letzteren fand sich eine bisher unbekannte Münze des Grafen Heinrich V. von Görz).

Bestimmung und Einordnung der bereits erwähnten und einiger neuerer Funde, sowie die Arbeiten für die Fertigstellung des II. Bandes der Wittelsbacher Münzen und Medaillen nahmen den grössten Teil des Jahres 1901 in Anspruch.

Dem Münzkabinet angegliedert ist das Gemmenkabinet. Seit dem epochemachenden Werke Professor Furtwänglers steigt das Interesse für diese reizenden kleinen antiken Kunstwerke von Jahr zu Jahr. Das Münzkabinet war ausserdem in der Lage, einige erlesene Stücke griechischen, ägyptischen und orientalischen Ursprungs (besonders merkwürdige babylonische Thonzylinder) zu erwerben.

Das **Museum für Abgüsse klassischer Bildwerke**, dessen lokale Vereinigung mit dem archäologischen Seminar sich immer vorteilhafter erweist und dessen Besuch (im Jahre 1898 bereits 3500 Personen, Künstler und Gelehrte ungerechnet) von Jahr zu Jahr zunimmt, widmet sich mit besonderem Eifer und Erfolg der modernsten Aufgabe der Gipsmuseen, der Rekonstruktion fragmentierter, antiker Statuen. Im Jahre 1900 wurde die knidische Aphrodite des Praxiteles in ihrer ursprünglichen Gestalt wieder hergestellt, ebenso die Amazone des Phidias, im Jahre 1901 die Restitution des Diskuswerfers von Myron vollendet. Es wurde nämlich der Abguss des kopflosen Torso im Vatikan mit dem von Professor Furtwängler im Louvre entdeckten, dort nicht erkannten Abguss des Kopfes des Diskobols vereinigt, dessen Original sich im Palazzo Lancelotti befindet, aber seit 30 Jahren absolut unzugänglich ist. Zum erstenmal kann nun das berühmteste Werk des Myron im vollkommenen Abguss studiert werden.

Diese Rekonstruktion fand solchen Beifall, dass sie bereits von 9 auswärtigen Sammlungen erworben wurde.

Die Negativ-Schwefelabdrücke von geschnittenen Steinen wurden um 90 Stück vermehrt und durch eine Bewilligung aus dem Mannheimer Fond 1948 Glaspasten nach antiken Gemmen erworben.

Auf spezielle Veranlassung des Konservators wurden in auswärtigen Sammlungen (Hannover, Kopenhagen, Rom, Florenz, Alexandrien) 17 Stücke neugeformt, darunter ein Portrait Alexanders des Grossen; durch Kauf und Geschenke wurden 73 grosse Abgüsse, 11 Guss- und 203 Gemmenformen erworben.

Da das Abgussmuseum in München mehr und mehr zu einer Zentrale für alle die Antike betreffenden Angelegenheiten wird, so gelangen fortwährend aus Kunsthandel und Privatbesitz antike Gegenstände zur Ansicht und Begutachtung und unter ihnen somit manches wertvolle Stück in Marmor, Bronze, Terrakotta und Gold zur wissenschaftlichen Kenntnis und Verwertung, das sonst im Privatbesitz verschwände. Diesem Vorteil verdankt das Museum einen Zuwachs von 78 wertvollen Plattennegativen.

Die Photographiensammlung hat sich im Jahre 1900 um 533 Stück, im Jahre 1901 um 407 Stück vermehrt, die ganze Sammlung beträgt nunmehr 10000 Stück und wurde durch sorgfältige Ordnung im Jahre 1901 der allgemeinen Benützung zugänglich gemacht.

Ethnographisches Museum: Die Mehrung des ethnographischen Museums betrug im Jahre 1900 175 Nummern, im Jahre 1901 136 Nummern, wobei die Zuwendung chinesischer Waffen von seite Seiner Kgl. Hoheit des Prinzregenten zu erwähnen ist. Die wichtigste Arbeit des Jahres 1901 bestand in der Durcharbeitung der umfangreichen, zum Teil sehr kostbaren japanischen Sammlung und der Anfertigung eines Zettelkataloges für dieselbe durch den japanischen Gelehrten Shinkiki Hara, wodurch für eine grosse Reihe unverständlicher oder (von europäischen Verhältnissen aus) falsch gedeuteter Darstellungen die richtigen Erklärungen ermöglicht wurden.

Die meisten Darstellungen auf den vielbewunderten kunstgewerblichen Gegenständen sind keine willkürlichen, phantastischen, sondern grösstenteils der Mythologie, der Sage, Geschichte u. s. w., oder auch moralischen Beispielen entnommen.

Der **anthropologisch-prähistorischen Sammlung** gelang es nach vielerlei Mühen mit Unterstützung des Mannheimer Fonds die grossartige, steinzeitliche Sammlung des Bauers Lichtenecker vom Auhügel bei Hammerau (B.-A. Laufen) anzukaufen. Neben dieser Erwerbung verdient der vom Museum selbst unternommene Abbau von 150 Reihengräbern in Inzing bei Hartkirchen (B.-A. Griesbach) hervorgehoben zu werden. Aus den mit Zuschüssen des Etats für Erforschung der Urgeschichte erfolgten Ausgrabungen flossen der Sammlung eine nicht unerhebliche Menge werthvoller Gegenstände zu: wichtige steinzeitliche Gefässscherben und Knochen aus den Trichtergruben bei Wenigumstadt durch Hauptmann a. D. von Haxthausen, Gegenstände aus der La Tène-Periode, welche durch Herrn Oberamtsrichter Weber bei Lenting (B.-A. Ingolstadt) gefunden wurden, endlich als das wertvollste etwa 100 Gefässe der Hallstattzeit, welche Herr Bezirksarzt Dr. Thenn aus den Urnenfeldern bei Beilngries erhob und so vorzüglich bearbeitete und ergänzte, dass diese bedeutende Sammlung ohne weiteres der Schausammlung einverleibt werden kann. An den zahlreichen Geschenken an dieses Museum hat sich Dr. Haberer in hervorragender Weise beteiligt; er widmete der Sammlung u. a. 80 japanische Affenschädel (Innus speciosus), 45 Chinesenschädel, ein vollständiges Chinesenskelett und einen künstlich deformierten Chinesenfuss.

Aus München erhielt die Sammlung von Ingenieur Brug ein Kupfergussstück, das dadurch merkwürdig ist, dass es im alluvialen Kiesgerölle in der Pilgersheimerstrasse zwischen Eisenbahnbrücke und Marianum gefunden wurde, von Rechnungsrat Uebelacker Knochen von Hirsch, Ziege u. s. w., welche 4 m tief am Karlsthor gefunden wurden, sowie einen bronzezeit-

lichen Depotfund, welcher in der Widenmayerstrasse auf dem Löss entdeckt wurde.

Botanischer Garten: Die im Jahre 1900 begonnene Reorganisation des botanischen Gartens wurde im Jahre 1901 durch Vergrösserung der Alpenpflanzenanlage, Einrichtung eines besonderen Kulturhauses für Hymenophylleen und eines Farnenhauses weiter fortgeführt.

Das im letzteren untergebrachte Vegetationsbild ist durch die von Konservator Göbel aus Neuseeland und Australien mitgebrachten, sowie durch die im Jahre 1901 aus Neu-Südwales, Neuseeland und Nordamerika bezogene Farne eine Sehenswürdigkeit Münchens geworden. Einige der hier vertretenen Typen befinden sich überhaupt nirgends in Kultur. Eine Ausstellung der Kalthauspflanzen im Sommer, sowie eine Neuanlage für Freiland am Glaspalast macht den botanischen Garten für die Besucher lehrreicher und anregender. Der Thätigkeit des Konservators gelang es, mehrere Vereine und Private zu Beiträgen zu veranlassen, aus denen unter einem Zuschuss der Akademie von 1000 M. die Errichtung des Alpengartens auf dem Schachen für wissenschaftliche und praktische Zwecke im Jahre 1900 in Angriff genommen und im Jahre 1901 vollendet werden konnte. Keinem anderen botanischen Garten Deutschlands steht nunmehr ein solches Hilfsmittel zur Verfügung.

Pflanzenphysiologisches Institut: Den Hauptzuwachs erhielten die Bestände durch die Sammlungen des Konservators in Australien und Ceylon, ferner durch die von Kustos Professor Giesenhagen im malaiischen Archipel gesammelten Materialien. Beide Vermehrungen wurden zur Ausführung einer Reihe wissenschaftlicher Untersuchungen benutzt.

In seinem Berichte über die wissenschaftliche Thätigkeit des Instituts, welche ihren gewohnten Gang nahm, hebt der Konservator die geringe Beteiligung bayerischer Studierender hervor, da die Prüfungsordnung die Lehramtskandidaten zwingt, sich fast ausschliesslich der Chemie zu widmen. Die

Folge ist, dass es schwierig ist, aus dem Kreise bayerischer Studenten Institutsassistenten zu gewinnen, dann aber, dass die Zahl der Lehrer an den Mittelschulen, welche sich an der Erforschung der Pflanzenwelt Bayerns in ihrem Berufe beteiligen, zum Nachteil der naturwissenschaftlichen Erkenntnis Bayerns im Vergleich zu der Teilnahme dieser Stände in anderen deutschen Staaten verhältnismässig eine allzu geringe ist.

Die Kryptogamensammlung, ohnehin eine der wertvollsten der Welt, hat die auf 10000 M. geschätzte Sammlung des Oberlandesgerichtsrates Arnold zum Geschenk erhalten, und ebenso für das Herbarium boicum 800 Exemplare von Moosen von dem Medizinalrate Dr. Holler in Memmingen.

Botanisches Museum: Im Jahre 1900 erwarb das botanische Museum durch Kauf 1282, im Jahre 1901 1584 Arten, darunter 133 aus Kamerun mit 55 Holzproben, durch Tausch im Jahre 1900 250, im Jahre 1901 36 Arten, als Geschenk im Jahre 1900 1518, und im Jahre 1901 2452. Behufs Verwertung für die Wissenschaft wurden Materialien an verschiedene Autoren in Deutschland, Dänemark, Schweiz, Belgien und Russland leihweise abgegeben. Eingesendetes Material aus Indien, Nordamerika, Costarica, Schweiz und Berlin wurde bearbeitet.

Konservator Radlkofer bearbeitete selbst die brasilianischen Sapindaceen, von denen das Schlussheft (im Ganzen 55 Bogen mit 66 Tafeln) erschien, und veranlasste vier Arbeiten anatomisch-systematischer Richtung auf Grund des Museumsmateriales. Die Bibliothek konnte durch besondere Bewilligung des Landtages schwer empfundene Lücken ausfüllen.

Mineralogische Sammlung: Die verfügbaren Mittel wurden im Jahre 1900 auf Anschaffung einer Reihe von Schränken verwendet, um die immer mehr anwachsenden Gesteinssammlungen, hauptsächlich die Aufsammlungen von Dr. Weber im Monzonigebiete (Fassathal) und des Reallehrers Düll im Fichtelgebirge unterzubringen. Im Jahre 1901 wurden die Krystalle

neu aufgestellt und die Meteoritensammlung vermehrt. Von Geschenken sind zu erwähnen: 1. von der Tamnau-Stiftung in Berlin ein Teil der von Dr. Grünling in Ceylon zusammengebrachten Sammlung, 2. von Felix Zeiska in Kissingen Mineralien aus den norddeutschen Salzlagerstätten.

Geologische Sammlung: In den Jahren 1900 und 1901 fanden Aufsammlungen statt in den Bayerischen und Salzburger Alpen, besonders am Fusse der Zugspitze, sodann im Gebiet des Schlern und der Seiser Alp. Aus dem fränkischen Jura wurden Versteinerungen, ferner eine Sammlung von Bernsteininsekten, sowie eine geologisch kolorierte Reliefkarte des Karwendel erworben. Frau Dr. Gordon-Ogilvie schenkte ihre Ausbeute aus den tiefsten Triasschichten bei Campitello im Fassathal.

Paläontologisches Museum: Aus den Erwerbungen der paläontologischen Sammlung sind hervorzuheben: 1. Versteinerungen aus Trias, Kreide und Tertiär Nordwestdeutschlands von Dr. Behrendsen in Göttingen, 2. einige Prachtstücke aus den Solenhofer Schiefern (u. a. Fuss eines sehr grossen Pterodactylus, Homoeosaurus), 3. wertvolle Reste von Rhinoceros aus der altberühmten Fundstätte bei Georgensgmünd in Mittelfranken, 4. eine sehr vollständige Sammlung Versteinerungen aus der weissen Kreide Rügens.

Von Geschenken sind zu erwähnen: 1. ein schön erhaltener Schädel von Aceratherium tetradactylum, gefunden bei Schönau (Niederbayern) von Expositus Paintner, 2. eine von Dr. Haberer noch vor Ausbruch des chinesischen Krieges in China zusammengebrachte, höchst wertvolle Sammlung fossiler Säugetierreste, die zahlreiche, bis jetzt unbekannte Formen enthält, ferner devonische Brachiopoden und jungtertiäre Brachyuren, 3. Säugetierreste aus der Pampasformation in Uruguay, worunter ein fast vollständiger Panzer des Riesengürteltieres von Dr. Otto Günther in Fray Bentos, 4. Herr Albert Hentschel schenkte die Ergebnisse seiner dreimonatlichen Forschungen auf der Insel Samos dem Museum, worin

sie eine höchst wertvolle Erweiterung der Stützel'schen Aufsammlungen bilden.

Der paläontologischen Sammlung steht ein Fond zur Verfügung, den Herr Kommerzienrat Anton Sedlmayr von Münchener Bürgern zusammengebracht hat. Aus ihm konnten 4 Expeditionen bestritten werden, welche alle von glänzendem Erfolg begleitet waren: 1. Zwei Expeditionen nach Südpatagonien, die gemeinsam mit Professor Florentino Ameghino ausgeführt wurden; durch diese erhielt unser Museum einmal die merkwürdige Fauna der Santa Cruz-Schichten fast in gleicher Vollständigkeit wie in den Museen von La Plata und Buenos Aires, sodann eine hochinteressante Sammlung der von Carlos Ameghino entdeckten und von Florentino Ameghino beschriebenen ältesten Säugetierreste aus angeblich obercretacischen Ablagerungen. Von diesen merkwürdigen, zum Teil primitiven, zum Teil aber auch schon ziemlich hoch differenzierten Formen, unter denen sich auch die grosse Gattung Pyrrhotherium befindet, deren systematische Stellung noch nicht mit Sicherheit ermittelt werden konnte, ist bis jetzt noch kein Stück in ein anderes ausseramerikanisches Museum gelangt. 2. Eine Expedition unter Leitung des Professors John Merriam, eines früheren Schülers unserer Universität, in Oregon, wodurch unsere Sammlung alle wichtigeren Säugetierreste des John Day-Horizontes und zwar in mehr oder minder vollständigen Schädeln und Skeletteilen erhielt; 3. eine Expedition des Sammlers Charles Sternberg im Sommer 1901 nach den permischen Ablagerungen im nördlichen Texas. Die Akademie entsandte zur Teilnahme, Kontrolle und geologischen Untersuchung Herrn Dr. Broili, Assistent am paläontolog. Museum. Schon jetzt zeigt sich, dass die in Texas erworbene Sammlung der besten ihrer Art, welche sich im American Museum in New York befindet, nahezu gleichkommt, ja sie in mancher Hinsicht sogar übertrifft. Vollständig auspräpariert wird sie eine Zierde des Museums bilden.

Zoologische Sammlung: Bei der zoologischen Sammlung zeichnen sich die Jahre 1900 und 1901 vor allem dadurch aus, dass sie Geschenke in einem zuvor nicht erhörten Maasse empfing. Im Jahre 1900 repräsentieren dieselben allein einen Geldwert von 30—40000 Mark. So sandte Dr. Haberer 18 grosse Kisten, welche u. a. 1300 Vogelbälge, Skelette, vor allem aber Fische, Krustaceen und Brachiopoden in grosser Anzahl aus China, Japan und den faunistisch noch sehr wenig untersuchten Kurilen enthalten. Der Afrikajäger Carl Schillings schenkte ausgezeichnet conservierte Bälge und Schädel der grossen im Innern Afrikas lebenden Tiere, welche in absehbarer Zeit vom Menschen vernichtet sein werden, darunter einige von Schillings entdeckte neue Arten (Hyaena und Giraffa Schillingsi). Hofrat Hagen in Frankfurt schenkte eine auf den Südsee-Inseln, Neuguinea und den malaiischen Inseln zusammengebrachte entomologische Sammlung in tadellosem Zustand; mit ihr noch eine Reihe der wertvollen Paradiesvögel, wobei Männchen im Jugendgefieder und Weibchen vertreten waren.

Von den Geschenken des Jahres 1901 seien erwähnt: europäische Carabiden in unübertroffener Vollständigkeit von dem verstorbenen Rentier Felix Strasser, dann die neuerlichen Sendungen Dr. Haberers, welche die grösste Bereicherung darstellen, die die Sammlung jemals durch einen einzigen Forscher erhalten hat; ferner die aus dem Nachlass des zu Swakopmund verstorbenen Militärarztes Dr. Bürkel geschenkten Reptilien und Spinnen aus der dortigen, sehr wenig erforschten Gegend und endlich die Konchyliensammlung des Grafen Otting. Diese kostbare Sammlung, deren Anschaffungswert weit über 10000 M. beträgt, ist eine der hervorragendsten Privatsammlungen Deutschlands; sie besteht nur aus auserlesenen, schönen Stücken, so dass sie ohne weiteres als Schausammlung verwendet werden kann und eine Sehenswürdigkeit unseres Museums bilden wird.

Von den Erwerbungen verdienen hervorgehoben zu werden: australische Konchylien, Objekte aus den deutschen

Schutzgebieten, ein Wisent-Skelett und ein schön ausgestopfter Transvaallöwe.

Anatomie: Die Sammlung der anatomischen Anstalt für deskriptive und topographische Anatomie ist durch 9 Präparate im Jahre 1900 und durch 11 Präparate im Jahre 1901 bereichert worden, worunter sich eine Serie von Modellen über die Gehirnentwicklung nach His befindet; die Abteilung für Histiologie und Embryologie wurde durch eine grosse Zahl von Schnittserien zur vergleichenden Entwicklung der Wirbeltiere vervollständigt.

Die übrigen, dem Generalkonservatorium unterstellten Institute, das **physiologische Institut**, die **Sternwarte**, das **chemische Laboratorium** und das **physikalisch-metronomische Institut**, sind keine eigentlichen Sammlungen, oder es sind ihnen nur kleinere Sammlungen, wie dem chemischen Laboratorium, beigegeben. Sie dienen vorwiegend dem Unterricht oder wissenschaftlichen Untersuchungen und die hiefür gebrauchten Apparate bilden den Bestand dieser Konservatorien. Aus dem chemischen Laboratorium gingen im Jahre 1900 67 Arbeiten, aus dem physiologischen Institut im Jahre 1900 8, im Jahre 1901 10 grössere Abhandlungen hervor. Die Sternwarte setzte ihre mit dem Meridiankreis seit Jahren angestellten Beobachtungen weiter fort, ebenso die photographischen Daueraufnahmen zur Untersuchung des Fixsternhimmels mit dem aus Mitteln der Akademie angeschafften Doppelfernrohr, ferner die meteorologischen und erdmagnetischen Beobachtungen, wobei freilich bei letzteren infolge der Einwirkung des elektrischen Trambahnbetriebes, welcher die magnetischen Kurven aufs empfindlichste stört, die Lloyd'sche Wage ausser Betrieb gesetzt werden musste.

Wie aus den angeführten Mitteilungen hervorgeht, haben die im Generalkonservatorium vereinigten wissenschaftlichen Sammlungen und Attribute auch in den zwei vergangenen Jahren recht ansehnliche Fortschritte gemacht. Ebenso herrschte

in den damit verbundenen Lehr-Instituten ein reges, wissenschaftliches Leben. Der Besuch unserer Museen steigt von Jahr zu Jahr, obwohl sie gerade in den für das Publikum und für die heranwachsende Jugend günstigsten Winter-Monaten geschlossen bleiben müssen. Freilich werden die seit einer langen Reihe von Jahren erhobenen Klagen über Mangel an Raum immer lauter und das Verlangen nach einer Reform unseres Museumswesens immer lebhafter und ungeduldiger. Dankbar müssen wir es daher anerkennen, dass Seine Excellenz der Herr Kultusminister von Landmann in wohlwollendster Weise unsere Bestrebungen nach Besserung der Verhältnisse unterstützt. Es sind im Budget der 26. Finanzperiode verschiedene, nicht unbedeutende Postulate eingestellt, wodurch das Münzkabinet im neuen Nationalmuseum eine geeignetere Heimstätte und das ethnographische Museum eine beträchtliche Raumvergrösserung erhalten sollen.

Für das Gipsmuseum antiker Bildwerke ist auf dem Areal des alten Nationalmuseums ein selbständiger Neubau vorgeschlagen. Im Wilhelminum soll durch Einrichtung einer Zentralheizung die Benützung und Zugänglichmachung der naturhistorischen Museen im Winter ermöglicht und überdies die allmähliche Entfernung aller fremden jetzt darin untergebrachten Behörden angestrebt werden, so dass der ganze Komplex in den ausschliesslichen Besitz der Akademie und des Generalkonservatoriums gelangt. Da die Aussicht auf einen anderen geeigneten und günstig gelegenen Platz zur Errichtung eines Monumentalbaues für die naturhistorischen Museen mehr und mehr schwindet, so werden wir uns mit dem Gedanken befreunden müssen, durch teilweisen Umbau des Wilhelminischen Gebäudes ein, wenn auch nicht allen ästhetischen Anforderungen entsprechendes, so doch zweckmässiges und den jetzigen und künftigen Bedürfnissen genügendes Museumsgebäude zu erhalten, an welches sich die Akademie und die wissenschaftlichen Lehrinstitute angliedern liessen. Zur Ausführung dieses Planes bedürfen wir freilich der Unterstützung der uns vorgesetzten Kgl. Staatsregierung, sowie des Wohlwollens der beiden Kam-

mern des Landtags. Mit dem schon oft von dieser Stelle wiederholten Wunsch nach einer baldigen Verbesserung unserer jetzigen, wenig erfreulichen Verhältnisse und in der zuversichtlichen Erwartung, dass unsere Wünsche in absehbarer Zeit in Erfüllung gehen mögen, schliesse ich und erteile den Herren Classensekretären das Wort zur Verlesung der Nekrologe auf unsere heimgegangenen Mitglieder.

Der Classensekretär der mathematisch-physikalischen Classe, Herr C. v. Voit theilt mit, dass die mathematisch-physikalische Classe in den beiden letzten Jahren 9 Mitglieder, drei einheimische und sechs auswärtige durch den Tod verloren hat.

Es sind gestorben:

1. am 10. Februar 1901 der frühere Präsident der Akademie, der Chemiker und Hygieniker Max v. Pettenkofer; ihm ist in der Festsitzung vom 16. November 1901 durch den Classensekretär C. v. Voit eine eigene Gedächtnissrede gewidmet worden;
2. am 9. Oktober 1901 der Botaniker Robert Hartig und
3. am 21. Januar 1902 der Zoologe Emil Selenka.

Ferner:

1. am 21. Februar 1900 der Astronom Charles Piazzi Smyth in Edinburgh;
2. am 11. Juni 1900 der Physiologe Willy Kühne in Heidelberg;
3. am 14. Januar 1901 der Mathematiker Charles Hermite in Paris;
4. am 12. August1901 der Geologe Nils Adolf Erik Nordenskjöld in Stockholm;
5. am 21. August 1901 der Physiologe Adolf Fick in Würzburg;
6. am 22. November 1901 der Zoologe Alexander Kowalewski in St. Petersburg.

Robert Hartig.[1])

Am 9. Oktober 1901 ist das ordentliche Mitglied der mathematisch-physikalischen Classe der Akademie, der verdiente Botaniker Robert Hartig im 63. Lebensjahre nach kurzer Krankheit gestorben. Noch in voller Kraft, mitten aus dem eifrigsten und fruchtbarsten Schaffen heraus, ist er aus dem Leben geschieden. Er war einer derjenigen Gelehrten, welche die Forstwirthschaft auf naturgesetzliche Grundlagen zu stellen suchte durch die naturwissenschaftliche Erforschung des Lebens der Waldbäume; er hat dadurch nicht nur die praktische Forstwirthschaft, sondern auch die Botanik in hohem Grade gefördert.

Robert Hartig wurde am 30. Mai 1839 zu Braunschweig geboren als Sprosse einer Familie, die durch drei Generationen dem Forstfache angesehene Vertreter geliefert hat: Der Grossvater Georg Ludwig Hartig that sich, nachdem er vorher als Forstmeister des Fürsten von Solms-Braunfels eine Privatforstschule zu Hungen geleitet und ein treffliches Lehrbuch für Förster geschrieben hatte, zuletzt als Oberlandforstmeister in Berlin als Organisator der Forstverwaltung Preussens sowie als einer der Begründer des rationellen Waldbaues hervor; der Vater Theodor Hartig, Professor der Forstwissenschaft am Collegium Carolinum in Braunschweig, war durch seine Kenntnisse in der Anatomie und Physiologie der Holzpflanzen einer der ersten Forstbotaniker und hatte sich unter Anderem durch die Auffindung der Kleberkörner oder des Aleurons in den Zellen der Pflanzensamen, den ersten Nachweis krystallisirten Eiweisses, sowie durch seine Ertragsuntersuchungen einen sehr geachteten Namen gemacht; der aufgeweckte und wissensdurstige Sohn Robert trat, die Tradition der Familie fortsetzend, in die Fusstapfen des Vaters, bei dem er sich von früher Jugend an reiche botanische und forstliche Kenntnisse

---

1) Dr. A. Cieslar, Centralblatt für das gesammte Forstwesen, 1902. Karl Wilhelm, österreich. Vierteljahrschrift für Forstwesen, 1901. Dr. Emil Meinecke, ein Nekrolog.

erwarb, die ihm als feste Grundlage für seine spätere Entwicklung dienten.

Anfangs war er, in seiner Vorliebe für den Wald, geneigt, sich dem praktischen Forstdienste zu widmen. Er war schon so weit vorgebildet, dass er gleich nach Absolvirung des Gymnasiums, in den Jahren 1859—1861 weite forstliche Reisen durch die Waldungen Deutschlands unternehmen konnte, wobei er eigene Anschauungen und reiche Erfahrungen über die forstlichen Verhältnisse sammelte, die er später in seiner ersten Schrift verwerthete.

Er studirte dann an der forstlichen Abtheilung des Collegium Carolinum zu Braunschweig während zwei Jahren Forstwissenschaft, vorzüglich bei seinem Vater. Nach der 1863 bestandenen Prüfung für Forstbeamte hörte er noch an der Universität Berlin juristische und kameralistische Vorlesungen und trat hierauf in den braunschweigischen Staatsforstdienst, wo er 1865 seine definitive Anstellung erhielt. Aber der gleichmässige Dienst im Bureau war seinem regsamen Geist nicht zusagend; es war ihm unmöglich, sich dies als Lebensberuf zu denken und als ihm die Beschäftigung mit wissenschaftlichen Arbeiten untersagt wurde, nahm er nach fünf Vierteljahren den Abschied aus dem Staatsdienst.

So wurde der praktische Forstmann mehr und mehr der Wissenschaft zugeführt. Er erwarb sich (1866) an der Universität Marburg den Doktorgrad und begann zunächst eine rege schriftstellerische Thätigkeit; schon bei seinen vorher erwähnten Waldwanderungen hatte er umfassende Beobachtungen über den Zuwachs der Bäume angestellt und darüber (1865) sein erstes Werk: „vergleichende Untersuchungen über den Wachsthumsgang und Ertrag der Rothbuche und Eiche im Spessart, der Rothbuche im östlichen Wesergebirge, der Kiefer in Pommern und der Weisstanne im Schwarzwald" herausausgegeben, die er als Doktordissertation benützte. Dann sammelte er das Material für die Aufstellung der Ertragstafeln für die Fichte und Rothbuche, welches er (1868) in einer grösseren Abhandlung: „Die Rentabilität der Fichtennutzholz-

und Buchenbrennholzwirthschaft im Harz und im Wesergebirge“ verarbeitete.

Dadurch war der hannöverische Forstdirektor Burckhardt auf den strebsamen jungen Forstmann aufmerksam geworden und lud ihn ein, in die hannöverische Forsteinrichtungs-Kommission als Forstgeometer einzutreten und die Vermessung eines Waldcomplexes zu übernehmen. Da kam nach einer mehrmonatlichen Thätigkeit ein Ereigniss, das seinem Leben eine andere, glückliche Wendung gab und ihn bleibend für die Wissenschaft und die akademische Laufbahn gewann. Er erhielt nämlich (1867) den Antrag, an Stelle des erkrankten Professors Julius Theodor Ratzeburg, des ausgezeichneten Kenners der Forstinsekten, die Vorlesungen über Zoologie und Botanik an der preussischen Forstakademie Eberswalde zu übernehmen; es ist ein Zeichen seiner Kenntnisse und seiner Energie, dass er vier Tage später diese Vorlesungen begann. Nach der Genesung Ratzeburg's wurden ihm die Vorlesungen über Botanik (1869) unter Beförderung zum Dozenten definitiv übertragen; 1871 erfolgte seine Anstellung als Professor der Botanik.

Als solcher beschäftigte er sich anfangs noch mit mehr forstlichen Problemen z. B. mit dem Zuwachs und dem Dickenwachsthum der Waldbäume und mit Bestimmungen des specifischen Frisch- und Trockengewichtes, des Wassergehaltes und Schwindens des Kiefernholzes, aber bald wandte er sich rein botanischen Fragen zu, jedoch fast ausschliesslich solchen, welche sich an die Kultur der Waldbäume anschlossen; in Folge seiner gründlichen Ausbildung in der Forstwirthschaft und seiner reichen Kenntnisse in der Botanik bewegte er sich auf einem Grenzgebiete, welches die Botaniker wegen ihrer mangelnden Erfahrung des Lebens der Waldbäume nicht betraten und von dem aus die Resultate der Wissenschaft alsbald für die Praxis die werthvollste Anwendung fanden.

In zwei Richtungen der Botanik hat er Hervorragendes geleistet: in der Lehre von den Baumkrankheiten und in der von dem Bau der Bäume.

Bei seinen Beobachtungen im Walde wurde er auf krankhafte Veränderungen der Holzgewächse, insbesondere durch niedere pflanzliche Organismen, durch Pilze, aufmerksam, die man vorher kaum beachtet hatte, da dazu eingehende mikroskopische Studien nöthig waren, welche der praktische Forstmann damals nicht anzustellen vermochte. Ueber die Krankheiten der Pflanzen überhaupt war nur wenig bekannt, während über die Erkrankungen des thierischen Organismus schon seit längerer Zeit wichtige Kenntnisse vorlagen. Erst im Jahre 1858 erschien Kühn's treffliche Schrift über die Krankheiten der Culturgewächse; darnach wurde durch die Arbeiten von Tulasne in seiner Carpologie (1861) und von De Bary in seinem epochemachenden Werke über die Morphologie und Biologie der Pilze (1866) der exakte Nachweis erbracht, dass eine Anzahl von Pflanzenkrankheiten auf dem Eindringen parasitischer Pilze in das Gewebe der Pflanzen beruht. Hartig erkannte alsbald die Wichtigkeit der Sache und gieng mit wahrem Feuereifer an die Erforschung der pathogenen Parasiten der Bäume. Durch eine lange Reihe ausserordentlich erfolgreicher Untersuchungen förderte er die Kenntniss der Lebenserscheinungen und der Entwicklungsgeschichte der Schmarotzerpilze in sehr erheblichem Maasse. Er hat dabei ein Paar Dutzend neue Arten derselben entdeckt und ebenso viele schon bekannte eingehend in anatomischer und physiologischer Richtung untersucht. Es gelang ihm, den Bau des Myceliums der Holzparasiten im Inneren des Baumes zu erkennen und das Vordringen der Hyphen im Holz zu verfolgen; auch erweiterte er wesentlich die Kenntnisse von dem Bau und der Entwicklungsgeschichte der Fruchtkörper, besonders der Hymenomyceten. Indem er zusah, in welcher Weise die Pilze auf ihre Nährpflanzen einwirken und wie schliesslich das abgetödtete Holz zersetzt wird, fand er die merkwürdige Thatsache, dass jeder Holzparasit eine ihm eigenthümliche Zerstörungsweise ausübt, sein besonderes „Zerstörungsbild“ erzeugt. Er legte seine Erfahrungen in dem Buch: „Die wichtigen Krankheiten der Waldbäume“ (1874) sowie in dem umfassenden Werk:

„Die Zersetzungserscheinungen des Holzes der Nadelholzbäume und der Eiche in forstlicher, chemischer und botanischer Richtung“ (1878) nieder, wodurch er sich zum Begründer der Lehre von den Baumkrankheiten und zu der unbestritten ersten Autorität auf dem Gebiete der Pflanzenpathologie erhob.

Als die bayerische Staatsregierung (1878) die Ausbildung der staatlichen Forstbeamten an die hiesige Universität verlegte, und in dankenswerthester Weise eine Stätte für die Wissenschaft gründete, war sie mit weitem Blick bestrebt, die bedeutendsten Fachmänner zu gewinnen; mit Baur, Ebermayer, Gayer und Heyer wurde auch Hartig berufen und zwar als Professor der Anatomie, Physiologie und Pathologie der Pflanzen sowie als Vorstand der botanischen Abtheilung der forstlichen Versuchsanstalt und des forstbotanischen Laboratoriums.

Hier bekam er nach Errichtung des mit allen Hilfsmitteln ausgerüsteten forstbotanischen Instituts das seinen Neigungen und Talenten zusagende Feld für eine äusserst fruchtbare Thätigkeit als Lehrer und Forscher.

Er setzte darin anfangs seine Studien über Krankheiten der Holzpflanzen fort. Im Jahre 1882 sammelte er die Ergebnisse derselben in einem viel benützten vortrefflichen Werke: „Lehrbuch der Baumkrankheiten“, in dem er fast ausschliesslich von seinen eigenen Untersuchungen berichten konnte und das drei Auflagen erlebte; in der dritten erweiterten Auflage (1900) tritt der Titel: „Lehrbuch der Pflanzenkrankheiten“ auf. — In dem ersten der drei Bände der von ihm herausgegebenen „Untersuchungen aus dem forstbotanischen Institut“ (1880, 1882, 1883) sind grösstentheils noch neue, auf genaue mikroskopische Beobachtungen gegründete mykologische Arbeiten und Beschreibungen der Krankheitserscheinungen enthalten. Hierher gehört auch sein Buch „über den echten Hausschwamm“ (1885), ein Muster sowohl in wissenschaftlicher als auch in praktischer Hinsicht.

Hartig beschäftigte sich auch mit den Krankheiten der Gewächse nicht parasitärer Natur; er unterschied scharf zwischen den durch niedere Organismen und den durch andere Ursachen

entstandenen Krankheitsformen, und er hütete sich vor der Einseitigkeit, fast bei jeder Pflanzenerkrankung Pilze als Ursache zu sehen, wie man es auch nicht selten bei den Erkrankungen der Thiere und des Menschen zu thun geneigt ist; die Pilze können ja auch die Folge der Erkrankung des Gewebes sein. Hierher sind zu zählen seine Arbeiten: Ueber das Aussetzen der Jahresringe bei unterdrückten Stämmen (1868); über den Einfluss des Raupenleims auf die Gesundheit der Bäume (1892); über das Verhalten der vom Spanner befallenen Kiefern (1895); über das Erkranken und Absterben der Fichte nach der Entnadelung durch die Nonnenraupe (1892), wobei er auf die merkwürdige Erscheinung einer starken Erhitzung der Stämme aufmerksam machte; über die Folgen des Frostes und des Sonnenbrandes (1880); namentlich aber seine wichtigen Erfahrungen über die Beschädigung der Nadelwaldbäume durch die schweflige Säure des Hütten- und Steinkohlenrauchs (1896) und seine merkwürdigen Beobachtungen über die häufig vorkommenden Blitzbeschädigungen der Waldbäume (1897).

Eine zweite grosse Reihe von Arbeiten Hartig's bezieht sich auf den Bau und das Leben der Pflanze, insbesondere wieder des Waldbaumes; es wurden dadurch viele Fragen der Anatomie und Physiologie, namentlich die der Wachsthumsgesetze der Holzgewächse und der physiologischen Vorgänge im Holzkörper gefördert und in Folge davon auch die Waldwirthschaft auf wissenschaftliche Grundlagen gestellt, wie es vorher schon von Seiten der Chemie für die Landwirthschaft geschehen war.

Von den anatomischen Schriften seien genannt das werthvolle, viel benützte, in drei Auflagen erschienene Büchlein über die anatomischen Unterscheidungsmerkmale der wichtigeren in Deutschland wachsenden Hölzer (1879); die umfassende Arbeit über das Holz unserer deutschen Nadelwaldbäume (1885), in welcher die Bedingungen für die Qualität des Holzes derselben entwickelt werden; dann die Abhandlung über das Holz der Rothbuche in anatomischer, physiologischer,

chemischer und forstlicher Richtung (1888, mit Prof. R. Weber); und das Lehrbuch der Anatomie und Physiologie der Pflanzen unter besonderer Berücksichtigung der Forstgewächse (1891). — Von Bedeutung sind seine Erklärungen bestimmter Eigenthümlichkeiten des Holzes der Bäume wie des Drehwuchses (1895) des Wimmerwuchses, des excentrischen Wuchses der Waldbäume (1899) und die aus dem Längsdruck auf das Cambium abgeleitete Rothholzbildung bei der Fichte (1896).

Werthvolle physiologische, rein botanische Untersuchungen handeln von der Vertheilung der organischen Substanz, des Luftraumes und des Wassers im Innern der Bäume, von der Thätigkeit des Cambiums, von den Ursachen der Jahrringbildung, von der Entstehung von Frühjahrs- und Sommerholz, von der Bedeutung der Reservestoffe für die Oekonomie des Baumes. Einen lebhaften Streit führte er mit dem berühmten Botaniker Sachs über die Ursachen der Saftbewegung in der Pflanze; letzterer hatte zur Erklärung derselben seine Imbibitionstheorie ersonnen; nachdem diese schon von Josef Böhm in Wien bekämpft worden war, stellte ihr Hartig (1883) die Gasdrucktheorie entgegen, welche er mit den Resultaten genauer, fein angestellter experimenteller Untersuchungen über die Wasserbewegung im Holzkörper vertheidigte. Wenn es ihm auch nicht geglückt ist, seine Theorie zur allgemeinen Geltung zu bringen, so hat er doch den Weg zu neuen Auffassungen des viel erörterten Problems und zu neuen Forschungen gebahnt. — In seiner letzten Schrift: „Holzuntersuchungen; Altes und Neues“ (1901) fasste er die in 40jährigem Studium gewonnenen Ergebnisse seiner alten, schwer zugänglichen Arbeiten und neuerer über die Wachsthumsgesetze der Bäume und des Waldes, über den anatomischen Bau des Holzkörpers, seiner physiologischen Eigenschaften und seiner physiologischen Aufgaben zusammen. —

Ueber die zweckmässige Organisation des forstlichen Versuchswesens sprach er sich energisch für die vollständige Freiheit in der Wahl der Aufgaben sowie der Durchführung derselben aus, namentlich gegenüber Dankelmann, welcher gemein-

sames Arbeiten nach einem bestimmten gleichheitlichen Plane befürwortete. Es ist ja wohl richtig, dass gewisse einzelne Fragen durch gemeinsame Thätigkeit am besten gefördert werden; jedoch wird im Allgemeinen der Wissenschaft sicherlich am meisten genützt durch freies selbständiges Schaffen der Einzelnen.

Aus dem Gesagten ergiebt sich, dass Hartig durch seine wissenschaftliche Arbeit zwei wichtige Zweige der Pflanzenbiologie in dankenswerther Weise ausgebildet hat und dass er durch die Anwendung seiner Erkenntnisse auf die Forstwirthschaft zur wissenschaftlichen Entwicklung der letzteren sehr viel beigetragen hat. Es war ihm dies, wie erwähnt, nur dadurch möglich, dass er gelernter Forstmann und zugleich gründlich durchgebildeter Botaniker war; weder ein praktischer Forstmann noch ein theoretischer Botaniker hätte das von ihm Geleistete vollbringen können. Es ist dies ein abermaliges Beispiel dafür, dass bei einer gewissen Ausbildung der Wissenschaft die Praxis nur durch die Theorie auf sicherem Wege zum Fortschritt geleitet wird.

Durch einen unausgesetzten Fleiss hatte er sich eine reiche Erfahrung und ein umfassendes Wissen und Können erworben. Es beseelte ihn eine unauslöschliche Lust zur Arbeit und zur Erkenntniss der Dinge; mit einer ungewöhnlichen Energie und Arbeitskraft ausgerüstet war rastloses Schaffen der Inhalt seines ausschliesslich der Wissenschaft geweihten Lebens.

Er war ausgezeichnet durch einen scharfen Blick zu sehen, wo eine neue Erscheinung vorlag, durch eine feine Beobachtungsgabe und durch ein besonderes Geschick die Wege der Erforschung zu finden.

Durch diese Eigenschaften ist er einer der fruchtbarsten Forscher auf seinem Gebiete geworden, der viele neue Beobachtungen, Versuche und Erklärungen von bisher dunkel gebliebenen Vorgängen in der Pflanzenwelt geliefert hat.

Durch die Lebendigkeit und Frische seines Wesens war er auch ein vortrefflicher Lehrer; durch geschickte Experimente,

Demonstrationen und Zeichnungen, sowie namentlich durch Praktika suchte er den Schülern richtige Anschauungen beizubringen. Immer mehr kommt der denkende Lehrer in dem Unterricht der Naturwissenschaften zu der Ueberzeugung, dass die jetzige Art des Studiums eine veraltete und verfehlte ist, welche umgeändert werden muss. Durch die vielen und eingehenden Vorlesungen gelangt der Studirende niemals zu einem wahren Verständniss der Vorgänge; das dabei Haftende ist wahrhaft kümmerlich und findet zumeist nur ein gedankenloses Auswendiglernen, ein eigentliches Studiren so gut wie nicht statt. Es muss mehr dem Privatstudium aus einfachen Lehrbüchern überlassen werden; nur die Curse und Uebungen, bei denen der Lehrer dem Schüler nahe tritt und ihn im Beobachten der Erscheinungen unterrichtet und in Fertigkeiten unterweist, werden dem Uebel abhelfen.

Wir bedauern tief den Verlust des ausgezeichneten Forschers, welcher bei seiner grossen Erfahrung und seinem Geschick die Wissenschaft noch mit vielen Errungenschaften hätte bereichern können. Der Einfluss seines Eingreifens in dem von ihm betretenen Gebiete wird noch lange fortwirken. —

Emil Selenka.

Die mathematisch-physikalische Classe beklagt den Verlust noch eines weiteren Genossen, des ausserordentlichen Mitgliedes Emil Selenka, der nach ganz kurzem Krankenlager, 60 Jahre alt, am 21. Januar dieses Jahres aus dem Leben geschieden ist. Er hat sich auf dem Gebiete der Zoologie und der Entwicklungsgeschichte der Thiere namhafte Verdienste erworben.

Ich verdanke die folgenden Angaben über seinen Lebensgang und seine wissenschaftlichen Arbeiten der Güte unseres verehrten Collegen Richard Hertwig.

Emil Selenka wurde am 27. Februar 1842 zu Braunschweig geboren; er genoss seine Ausbildung zunächst auf dem dortigen

Gymnasium und dann, nachdem er dasselbe nach Absolvirung der Obersekunda verlassen hatte, auf dem Collegium Carolinum, von welchem er nach einer glänzend bestandenen Maturitätsprüfung im Jahre 1863 zur Universität entlassen wurde.

Schon frühzeitig wurde in ihm durch seinen Vater auf gemeinsamen Spaziergängen der Sinn für die Schönheiten der Natur geweckt. Er gewann Interesse für Wolken und Sterne, sammelte Pflanzen, Schmetterlinge und Mineralien, und schmückte mit ihnen sein Arbeitszimmer. Diese früh erwachte Neigung zu den Naturwissenschaften fand auf dem Collegium Carolinum weitere Nahrung, da auf dieser Anstalt ausser den Gymnasialfächern auch die Naturwissenschaften, besonders Chemie, eifrig betrieben wurden.

Als daher Selenka im Jahre 1863 die Universität Göttingen bezog, konnte es für ihn nicht zweifelhaft sein, dass er sich für das Studium der Naturwissenschaften entschied. Er trieb Zoologie bei Wilhelm Keferstein, Physik bei Wilhelm Weber, Geologie bei Karl v. Seebach, Mineralogie bei Wolfgang Sartorius v. Waltershausen. Anfangs war er geneigt, bei letzterem sich in Mineralogie und Geologie auszubilden, aber durch den Einfluss des anregenden Keferstein, zu dem er in besonders nahe Beziehung trat, wurde er veranlasst, sich der Zoologie zu widmen. Unter seiner Leitung unternahm er eine umfassende Bearbeitung der Anatomie und Systematik der Seewalzen oder Holothurien, bei der er eine von Al. Agassiz eingesandte grosse Sammlung dieser merkwürdigen wirbellosen Thiere verwerthete; auf Grund dieser Arbeit wurde er 1866 zum Doktor promovirt und zugleich als Assistent am zoologisch-zootomischen Institut angestellt. An demselben führte er noch mehrere Untersuchungen aus: Ueber die Entwicklungsgeschichte der Luftsäcke des Huhns, über die fossilen Crocodilinen des Kimmeridge von Hannover, über die Stellung des fossilen Tragocerus amaltheus, über die Spongien aus der Südsee, über die Anatomie von Trigonia margaritacea. Auch wurde ihm die Vergünstigung zu Theil, seinen leider früh verstorbenen Lehrer auf einer wissenschaftlichen Reise nach dem an der

Nordküste Frankreichs gelegenen Saint Malò zu begleiten, wo er zum ersten Mal Gelegenheit fand, die reiche Fauna des Meeres kennen zu lernen.

Dem Wunsche seines Vaters folgend machte Selenka im Sommer 1868 das Oberlehrerexamen, um den Rückhalt einer gesicherten Lebensstellung zu haben, falls seine Wünsche sich der wissenschaftlichen Forschung zu widmen auf Schwierigkeiten stossen sollten. Indessen hatte er kaum dieses Examen bestanden, als er auf Empfehlung seines Lehrers Keferstein hin als ordentlicher Professor der Zoologie und vergleichenden Anatomie an die Stelle des verstorbenen Professors van der Hoeven nach der holländischen Universität Leiden berufen und so ihm in aussergewöhnlich jugendlichem Alter ein selbständiger akademischer Wirkungskreis gesichert wurde. Das Bedürfniss, seine und seiner Schüler Arbeiten in den Niederlanden selbst veröffentlichen zu können, veranlasste ihn, das Niederländische Archiv für Zoologie zu begründen, eine Zeitschrift, welche auch jetzt noch fortbesteht und die er mit zahlreichen eigenen Arbeiten bedachte. Leider ertrug er das holländische Klima sehr schlecht. Daher ergriff er mit Freuden die Gelegenheit, welche ihm 1874 durch eine Berufung nach Erlangen als Nachfolger von E. Ehlers geboten wurde, seinen Wirkungskreis in Holland, so sehr er ihm auch lieb geworden war, aufzugeben und gegen die Professur der Zoologie und vergleichenden Anatomie in Erlangen einzutauschen. In Erlangen erwuchs ihm die Aufgabe, die Pläne zum Neubau und zur Neueinrichtung eines zoologischen Instituts auszuarbeiten, welches er die Freude hatte, im Jahre 1885 einzuweihen und zu beziehen. Ferner fällt in die Zeit seines Erlanger Aufenthalts die Begründung des angesehenen biologischen Centralblattes, bei welchem er gemeinsam mit seinem botanischen Collegen M. Rees den Physiologen Rosenthal unterstützte. Vor Allem aber verdienen hier seine zahlreichen wissenschaftlichen Reisen Erwähnung; wiederholt hat er in der zoologischen Station in Neapel gearbeitet; sein Wandertrieb und die Lust, fremde Länder und deren Thierwelt aus eigener Anschauung kennen

zu lernen, führten ihn nach Brasilien und zwei Mal nach Ceylon, Indien, Japan und den Sundainseln.

Im Jahre 1895 legte Selenka aus freien Stücken seine Professur in Erlangen nieder, um ganz seinen Studien, namentlich der Verwerthung der von seinen Reisen mitgebrachten Sammlungen, leben zu können; er siedelte nach München über, wo ihm auf den Vorschlag der philosophischen Fakultät die Gelegenheit geboten wurde, seine Lehrthätigkeit an der Universität als Honorarprofessor fortzusetzen. Unserer Akademie gehört er seit 1896 an.

Selenka war eine vielseitig und reich begabte Persönlichkeit, höchst lebendigen Geistes und voll Interesse für Alles. Eine aussergewöhnliche Redegabe machte ihn zu einem hervorragenden Lehrer der akademischen Jugend. Reges Bestreben bekundete er für Vervollkommnung der Unterrichtsmittel; er gehörte zu den ersten, welche das elektrische Projektionsmikroskop und hektographirte Zeichnungen einführten, um den Unterricht anschaulicher zu gestalten. So gelang es ihm denn auch, zahlreiche Schüler an sich zu fesseln, von denen einige selbständige wissenschaftliche Stellungen einnehmen, so Prof. Hubrecht in Utrecht, Prof. Lampert in Stuttgart, Prof. Fleischmann in Erlangen. In wissenschaftlichen Vereinen gab er lichtvolle Darstellungen aus seinem reichen Wissensschatze; die liebenswürdige und anschauliche Art seiner Darstellung sicherten ihm auch reichen Erfolg, wenn sich seine Rede an weitere Kreise des Publikums wandte, wie er denn auch jeder Zeit bereit war, zu gemeinnützigen Zwecken öffentliche Vorträge zu halten.

Seine wissenschaftliche Thätigkeit erstreckte sich nur selten auf den anatomischen Bau und die Systematik der Thiere. Ausser der vorher erwähnten die Holothurien behandelnden Doktordissertation hat er in dieser Hinsicht nur noch die schon von seinem Lehrer Keferstein wiederholt studirte Gruppe der den Holothurien sich anschliessenden, das Meer bewohnenden Sternwürmer oder Gephyren bearbeitet, einmal in einer besonderen Monographie und dann in den Reports der Challenger

Expedition. Selenka's Hauptinteresse wandte sich bald der vergleichenden Entwicklungsgeschichte zu. Er war einer der ersten, welcher die Untersuchungen von Oskar Hertwig über die Befruchtung des Seeigeleies bestätigte, welcher ferner die ersten genaueren Untersuchungen über die Keimblattbildung und die Larvenentwicklung der Strudelwürmer oder Turbellarien machte, wobei er namentlich die an die Rippenquallen oder Ctenophoren erinnernde vierstrahlige Anordnung der Mesodermzellen bei den Embryonen erkannte. Er erweiterte die Entdeckungen Metschnikoff's über die Entwicklung des Mesoderms, der Leibeshöhle und des Wassergefässsystems bei den Stachelhäutern oder Echinodermen, indem er mit grossem Eifer insbesondere die Entwicklung des Mensenchyms und der Coelomdivertikel der Larven untersuchte und die Vertheilung der mesodermalen Gewebe auf diese beiden Componenten des Mesoderms aufzuklären versuchte.

In den letzten 20 Jahren seines Lebens concentrirte sich Selenka auf die Erforschung der Entwicklungsgeschichte der Wirbelthiere. Er begann mit dem Studium der Nagethiere. Unser verstorbenes Mitglied Th. Bischoff hatte bei seinen denkwürdigen Untersuchungen über die erste Entwicklung der Säugethiereier (1852) die später von B. Reichert und V. Hensen bestätigte, merkwürdige sogenannte „Umkehr der Keimblätter" entdeckt; es sollte hier die Lage der Keimblätter die umgekehrte von der gewöhnlichen Lage bei allen anderen Eiern sein d. h. das Darmdrüsenblatt in der Embryonalanlage nach auswärts, das Ektoderm nach Innen gewandt sein. Gleichzeitig mit unserem Collegen Kupffer wies nun Selenka nach, dass die Umkehr der Keimblätter nur scheinbar sei, dass die merkwürdige Lage der beiden Keimblätter durch eine Einstülpung der Embryonalscheibe in das Innere der Keimblase bedingt sei und Bischoff sowie Reichert und Hensen den richtigen Sachverhalt nicht zu erkennen vermochten, weil sie die Wand der Keimblase übersehen hatten.

An die Untersuchung der Nagethiere schloss sich die Untersuchung der bis dahin vernachlässigten Embryonal-Ent-

wicklung der Beutelthiere an; sie war von besonderer Bedeutung, da über diese nächst den Monotremen Neuhollands niederste Gruppe der Säugethiere noch keine zusammenhängenden Untersuchungen vorlagen. Er machte dabei wichtige Angaben über den äqualen Charakter des Furchungsprocesses, über die entodermale Entstehung der Chorda dorsalis und des Mesoderms und über den rudimentären Charakter der Harnhaut oder Allantois. Die Arbeiten Selenka's über die vergleichende Entwicklungsgeschichte finden sich in seinen beiden Hauptwerken: Zoologische Studien (2 Theile, 1878—1881) und Studien über die Entwicklungsgeschichte der Thiere (5 Theile, 1883—1892).

Den Schluss dieser entwicklungsgeschichtlichen Studien sollte die Bearbeitung der Primaten bilden, der Affen, besonders der Anthropoiden, weil zu hoffen war, auf diesem Wege weitere Aufschlüsse über die verwandtschaftlichen Beziehungen dieser höchst organisirten Säugethiere zu dem Menschen zu gewinnen. Um sich das äusserst schwierig zu erhaltende Material zu beschaffen, reiste Selenka zweimal nach den Sunda-Inseln, von seiner Frau bei dem mühsamen Unternehmen begleitet und getreulichst unterstützt. Obwohl durch einen unglücklichen Zufall, den Untergang eines Bootes, welches einen Theil der Sammlung trug, viel wichtiges Material verloren ging, wurden doch durch die beiden Expeditionen Entwicklungsreihen von verschiedenen Affenarten, sowie werthvolles Skelettmaterial des Orang-Utang und des Gibbons zusammengebracht. Letzteres, aus 250 Orangschädeln verschiedenen Alters und Geschlechts, 200 Schädeln von anderen Affen, insbesondere vom Gibbon, und einem männlichen und weiblichen Skelett vom Orang ohne Schädel bestehend, wurde von ihm in liberalster Weise der anthropologischen Sammlung des Staates zum Geschenk gemacht und zu einer Untersuchung verwandt, welche die durch Alter und Race bedingten Unterschiede im Orangschädel aufklärte, sowie die grosse Variabilität in der Zahl der ächten Backzähne nachwies. Von den Studien zur Entwicklungsgeschichte der Affen sind nur die ersten drei

Lieferungen erschienen; die wichtigsten in ihnen enthaltenen Ergebnisse sind die Nachweise, dass die bei den Nagethieren fälschlich als Blattumkehr bezeichnete Anordnung der Keimblätter auch bei den Primaten vorkommt und dass zwischen Affen und Menschen in den jungen Entwicklungsstadien eine ganz überraschende Uebereinstimmung existirt. Leider wurde Selenka durch einen allzufrühen Tod verhindert, diese von ihm begonnenen Untersuchungen zum Abschluss zu bringen.

Man würde der Eigenart Selenka's nicht gerecht werden, wenn man schliesslich nicht auch seiner reichen künstlerischen Begabung gedenken wollte. Er war ein vortrefflicher Zeichner und Maler, ausgerüstet mit feinem Verständniss für alles Schöne und Wissenswerthe, mochte es ihm in der Natur oder im Leben der Völker entgegentreten. Nächst dem Sinn des Forschers war es diese Künstlernatur, welche ihn in die weite Welt hinaustrieb. Er liebte es daher auch bei seinen Vorträgen allgemeineren Inhalts das Gebiet der Zoologie zu verlassen und Kunst, Religion, Sagen und Gebräuche der Völker in feinsinniger Weise zum Gegenstand seiner Betrachtungen zu machen. In dieser Hinsicht brachten ihm besonders reiche Ausbeute die beiden Reisen nach Japan und den malayischen Inseln. Die allgemeinen Ergebnisse derselben über Land und Leute legte er in einem mit seiner Gattin gemeinsam herausgegebenen, höchst anziehend geschriebenen Prachtwerke: „Sonnige Welten, ostasiatische Reiseskizzen, 1895“ nieder, sowie in dem Büchlein: „Der Schmuck des Menschen (1899)“, in welchem er, gestützt auf seine vielseitige Bekanntschaft mit Naturvölkern, diesen Theil der Ethnographie besonders ausführlich behandelte; er sucht darin nachzuweisen, dass in der Ausbildung des Schmuckes sich eine grosse Gesetzmässigkeit von den primitivsten Völkern an aufwärts erkennen lässt, dadurch bedingt, dass der Schmuck sich den Körperformen anpasst und gleichzeitig ein Ausdrucksmittel einfachster Art ist, um die Stellung seines Trägers und den Gebrauch des dazu verwendeten Gegenstandes anzudeuten.

Es mögen wohl überaus sonnige Tage gewesen sein,

welche die beiden gleichgestimmten Gefährten in den fremden Ländern in Anschauung der Schönheiten der Natur und Beobachtung der Kultur ihrer Bewohner genossen. Wahrlich, das Dasein Selenka's war ein beneidenswerth glückliches und sonniges. Wir werden des liebenswürdigen Mannes stets in Ehren gedenken.

Charles Piazzi Smyth.

Der Astronom Charles Piazzi Smyth in Edinburgh gehörte unserer Akademie schon seit dem Jahre 1855 als correspondirendes Mitglied, zu dem er von J. Lamont vorgeschlagen worden war, an. Ich verdanke die folgenden Angaben über seinen Lebensgang dem verehrten Collegen Hugo Seeliger.

Charles Piazzi Smyth ist geboren am 3. Januar 1819 in Neapel, wo sich sein Vater, ein britischer Admiral, vorübergehend aufhielt. Den sonderbaren Vornamen erhielt er zu Ehren seines Taufpathen und Freundes seines Vaters, des bekannten italienischen Astronomen Guiseppe Piazzi, des Entdeckers der Ceres. Nachdem er in England den gewöhnlichen Schulunterricht genossen, finden wir ihn bereits mit 16 Jahren als Assistent der Sternwarte am Kap der guten Hoffnung unter Maclear. Er betheiligte sich eifrig an den Arbeiten der Sternwarte, besonders aber an der südafrikanischen Gradmessung, so dass für Manchen seine im Jahre 1840 erfolgte Berufung zum Professor der Astronomie an der Universität Edinburgh und zum Director der dortigen Sternwarte mit dem Titel „Astronomer Royal for Scotland" nicht auffällig war. Seine Wirksamkeit in dieser Stellung, in welcher er durch Bearbeitung und Herausgabe der Beobachtungen seines Vorgängers Henderson der Astronomie nützlich war, wurde durch zahlreiche grössere Reisen und Expeditionen unterbrochen, auf welchen wir ihn namentlich hochgelegene Stationen aufsuchen sehen, um hier in reinerer und durchsichtigerer Luft meteorologische und spectroskopische Untersuchungen auszuführen. Besonders die letzteren sind der Wissenschaft von Nutzen gewesen. Am

bekanntesten ist Smyth durch seine Studien über die grosse Pyramide bei Gizeh geworden. Er mass dieses Bauwerk nach allen Richtungen, bestimmte seine Dimensionen und Orientirung auf das genaueste und beschrieb es in mehreren Werken. Allein die Folgerungen, die er aus seinen Studien zog und die ganz neue Ansichten über die Entwicklung der Cultur begründen sollten, haben niemals Anklang gefunden, und verwickelten ihn in unangenehme Streitigkeiten, die 1874 seinen Austritt aus der Royal Society in London zur Folge hatten. 1888 legte Smyth seine Aemter nieder und zog sich auf sein Landgut in der Nähe von Ripon zurück, wo er am 21. Februar 1900 starb.

Willy Kühne.

Am 10. Juni 1900 ist das correspondirende Mitglied unserer Akademie, der Physiologe Willy Kühne zu Heidelberg nach längerer Krankheit im Alter von 63 Jahren aus dem Leben geschieden. Die grossen deutschen Physiologen, welche die Erbschaft von Johannes Müller und der Brüder Weber angetreten hatten, Emil Du Bois Reymond, Ernst Brücke, Hermann Helmholtz und Carl Ludwig, bedienten sich im Wesentlichen der physikalischen Hilfsmittel zur Aufhellung der Lebenserscheinungen; ihren Nachfolgern war die Aufgabe zugefallen, den von ihnen im Grossen errichteten Bau im Einzelnen auszugestalten; sie hatten aber noch ein weiteres mächtiges Hilfsmittel dazu erhalten, denn die organische Chemie war mittlerweile, vorzüglich durch den gewaltigen geistigen Anstoss von Liebig, so weit entwickelt, um mit ihr die Vorgänge der Stoffveränderungen in den Organismen genauer zu verfolgen. Kühne ist einer der verdientesten Physiologen dieser Zeit gewesen; er hat auf den verschiedensten Gebieten die Physiologie mit wichtigen Erkenntnissen bereichert und alle Hilfsmittel zur Erforschung der Lebensvorgänge beherrscht und angewendet: Das Mikroscop, die Physik, die Chemie und das Experiment am Thier; er war namentlich einer der wenigen auch

in der Chemie durchgebildeten Physiologen, der klar erkannte, welche wichtige Bedeutung die letztere für die Erhellung der Lebensprocesse besitzt. Dadurch stand er als einer der wenigen Physiologen unserer Zeit da, welche gleichmässig die ganze physiologische Wissenschaft zu überblicken im Stande sind, verschieden von denen, welche in ganz einseitiger Weise nur einen Bruchtheil derselben kennen.

Kühne wurde zu Hamburg am 28. März 1837 als der Sohn vermögender Eltern geboren. In dieser unabhängigen Lage hatte er das Glück, ganz seinen Neigungen folgen zu können und sich nicht mit dem Brodstudium befassen zu müssen. Frei wählte er sich die Stätten und die Männer, wo er die beste Ausbildung für seine Lebensaufgabe empfangen konnte. Nach Absolvirung des Gymnasiums zu Lüneburg bezog er mit 17 Jahren die Universität Göttingen (1854). Man erkannte alsbald, dass aus dem geistesfrischen, glänzend veranlagten Jüngling sich etwas Bedeutendes entwickeln werde. Er wollte Physiologe werden. Ich traf den 18 Jährigen, der schon genau wusste, was er anzufangen habe, und ein auffallend reifes Urtheil besass, im Wintersemester 1855 bis 1856 in den Instituten Göttingens; er hörte damals bei Wilhelm Weber Physik, bei Listing physiologische Optik, bei Wöhler Chemie, bei Henle Anatomie, arbeitete im chemischen Laboratorium und machte einen physiologischen Cursus mit uns bei Rudolf Wagner mit. Wöhler hat wohl zu dieser Zeit den grössten Einfluss auf ihn ausgeübt und ihn der chemischen Richtung der Physiologie zugeführt. Man braucht sich nur zu erinnern, dass es Wöhler in einer denkwürdigen Untersuchung zum ersten Male gelungen war, einen Stoff des Organismus, den Harnstoff, künstlich darzustellen, auch hatte er mit Keller die Umwandlung der aufgenommenen Benzoesäure in die Hippursäure des Harns gefunden, was Kühne mit Hallwachs weiter verfolgte. Kühne fühlte sich jedoch nicht als Chemiker, sondern stets als Physiologe, der sich der Chemie als unentbehrlichen Hilfsmittels, in die chemischen Vorgänge des Lebens einzudringen, bedient. Bald hörte man von seinen ersten wissenschaftlichen Erfolgen;

im Alter von 19 Jahren wurde er als Assistent Rudolf Wagner's (1856) zum Doktor der Philosophie promovirt mit einer physiologischen Dissertation über künstlichen Diabetes bei Fröschen, angeregt durch Claude Bernard's berühmten Zuckerstich bei Warmblütern. Erst später (1862) erhielt er den Titel eines Doktors der Medizin honoris causa, da er sich die klinisch-medizinischen Studien und Prüfungen erspart hatte. In Göttingen entstanden noch die erwähnten Untersuchungen mit Hallwachs über die Entstehung der Hippursäure nach dem Genuss von Benzoesäure, welche merkwürdige Synthese er fälschlich in der Leber vor sich gehen liess, sowie die über die Umwandlung der Bernsteinsäure im Organismus. Er war dann kurze Zeit bei C. G. Lehmann in Jena, der damals einer der angesehensten physiologischen Chemiker war, und zog hierauf (1858) nach Berlin. Dorten wurde er zunächst durch Du Bois Reymond, den Meister in der Untersuchung der elektrischen Erscheinungen und elektrischen Reizung der Muskeln und Nerven, in die experimentelle Physiologie eingeführt und seine Aufmerksamkeit auf die allgemeine Physiologie der Muskeln und Nerven gelenkt; ausserdem arbeitete er bei Hoppe-Seyler, dem Assistenten in der chemischen Abtheilung des pathologischen Institutes unter Virchow, wo er seine Untersuchungen über den Ikterus machte. Vor Allem aber war es der zweijährige Aufenthalt in Paris bei dem grossen Experimentator Claude Bernard, dessen Entdeckungen, besonders das Auffinden des Glykogens in der Leber, die Physiologie in neue Bahnen lenkten, der seinen Blick erweiterte; in dieser arbeitsfrohen Zeit in der grossen Weltstadt entstanden wichtige Publikationen, zumeist dem Gebiete der Muskelphysiologie angehörig; auch erwarb er daselbst seine Virtuosität im Experiment am Thier. Auf eine Reise nach England folgte noch ein Besuch bei Carl Ludwig und Ernst Brücke in Wien, womit seine Lehr- und Wanderjahre abschlossen.

Als Hoppe-Seyler (1861) die Professur für physiologische Chemie in Tübingen annahm, rief Virchow an seine Stelle Kühne als Assistent des chemischen Laboratoriums im patho-

logischen Institut. Die Berliner Jahre brachten ihm die Gelegenheit zu intensiver wissenschaftlicher Thätigkeit und zur Schärfung des Geistes im anregenden Umgang mit talentvollen strebsamen Genossen, welche mit ihm das über die Fortschritte der medizinischen Wissenschaften referirende Centralblatt der medizinischen Wissenschaften gründeten; auch schaarte sich um den jungen Lehrer eine Anzahl gleichalteriger Schüler und da ihm Virchow mit grosser Liberalität freie Hand liess, bildete sich ein kleines physiologisches Institut aus, aus dem manche wichtige Arbeit ausging. Ausser zahlreichen kleineren Einzeluntersuchungen entstand in dieser Zeit die Monographie über die peripherischen Endorgane der motorischen Nerven (1862), dann (1864) die grosse, an Beobachtungen und Gedanken reiche Monographie: „Untersuchungen über das Protoplasma“ und das ausgezeichnete Lehrbuch der physiologischen Chemie (1868); in letzterer fasste er zum ersten Male die Aufgabe vom rein physiologischen Standpunkte aus auf und gab eine wahrhaft klassische, höchst lebendige Darstellung der auf chemischen Wirkungen beruhenden Vorgänge im Organismus mit einer Fülle neuer Beobachtungen, so dass ein Chemiker mir sagte, es lese sich unterhaltend wie ein Roman; leider ist von dem Buch keine weitere Auflage erschienen, obwohl es in kurzer Zeit vergriffen war.

Bald stand Kühne als fertiger Physiologe da, angesehen durch bemerkenswerthe eigenartige Arbeiten, und man richtete an mehreren Universitäten die Aufmerksamkeit auf den jungen Forscher. Im Jahr 1868 folgte er einem Rufe als Professor der Physiologie an die Universität Amsterdam; von dorten wanderte er 1871 als Nachfolger von Helmholtz nach Heidelberg, wo er ein musterhaftes physiologisches Institut nach seinen Ideen einrichtete und bis zu seinem Ende unter Ablehnung mehrerer glänzender Rufe wirkte und viele Schüler erzog. In der idyllischen Musenstadt hatte er das Glück ungestört durch Zerstreuungen und zeitraubende Geschäfte sich in die wissenschaftliche Arbeit vertiefen und sich ganz der Erforschung der Lebensvorgänge hingeben zu können, obwohl er manche Vorzüge einer grossen Stadt sehr wohl zu schätzen und zu geniessen wusste.

Ungemein lebendigen Geistes und von klarem selbständigem Urtheil wusste er alsbald mit scharfem Blick das Wesentliche einer Erscheinung herauszufinden; aber dann gelang es ihm auch durch seine feine Beobachtungsgabe, die sinnreichsten Versuchsanordnungen und seine Geschicklichkeit als Experimentator die entgegenstehenden Schwierigkeiten wie spielend zu überwinden und die Fragen ihrer Lösung entgegen zu führen. Zumeist beschäftigten ihn Aufgaben von prinzipieller Bedeutung. Ein Blick über seine grösseren Arbeiten soll uns den Einfluss des Forschers auf die Entwicklung der Physiologie ins Gedächtniss zurückrufen.

Es waren vorzüglich drei grosse Probleme, welche ihn in Anspruch nahmen: die Physiologie des Muskels, die Physiologie der Netzhaut und die Chemie der Verdauung der Eiweissstoffe.

Die Vorgänge im Muskel suchte er in origineller Weise mit Hilfe des Mikroscops, durch die chemische Untersuchung und durch das physiologische Experiment zu erforschen.

Die früh begonnenen chemischen und experimentellen Studien über den Muskel hatten ihn gelehrt, dass es zum Verständniss des Uebergangs der Erregung von der Nervenfaser auf die Muskelfaser zunächst nothwendig ist, das anatomische Verhalten des Nerven im Muskel genau zu kennen und so fieng er als 22 Jähriger an, durch mikroscopische Forschung, in der er es zur Meisterschaft gebracht hatte, die schon von Anderen verfolgte Endigungsweise der Nerven in den Muskeln zu untersuchen; er trug dadurch wesentlich zu der jetzigen Lehre bei, dass das Ende der motorischen Nervenfaser mit der Muskelfaser in direkte Berührung trete und dabei die Nervenendigungen unter der Sarkolemmascheide des Muskelschlauchs in einer End- oder Sohlenplatte sich hirschgeweihartig verbreite. Wie von da die Erregung auf die Muskelfaser übergeht, ist allerdings unbekannt geblieben, denn er war nicht der Ansicht, dass die leitende Nervensubstanz continuirlich in die contraktile des Muskels übergehe. In ähnlicher Weise wurde von ihm die Endigung der Nervenfaseräste in den Ausläufern der Horn-

hautkörperchen beim Frosch und deren Formänderung beim Reiz der Nerven dargethan.

Die 1858 gemachte Beobachtung über die Entstehung der Todtenstarre, wobei er die Angabe von Brücke, dass es sich hier um die Gerinnung eines Eiweissstoffes im Muskel handelt, bestätigte, führten ihn zu der näheren chemischen Untersuchung des eiweisshaltigen Inhalts der Muskelfaser. Auf ingeniöse Weise suchte er den noch nicht geronnenen Inhalt des lebendigen Muskels zu bekommen, indem er die Gerinnung durch Kälte hintanhielt und durch Auspressen der gefrorenen Froschmuskeln eine dickliche Flüssigkeit, das Muskelplasma, gewann, das unter Sauerwerden spontan gerinnt mit Abscheidung eines globulinartigen, von ihm Myosin genannten Eiweissstoffes, der die Hauptmasse des Eiweisses des Muskels ausmacht; auch lehrte er die drei anderen Eiweissstoffe des Muskels genauer kennen. Zu gleicher Zeit mit Kühne war der verdiente, nicht genug anerkannte Emil Harless mit solchen Fragen unter Erhaltung ähnlicher Resultate beschäftigt. Die Untersuchungen Kühne's über die Eiweissstoffe im Muskel haben helles Licht über den Zustand des Protoplasmas im lebenden Muskel verbreitet, denn sie haben gelehrt, dass der Inhalt des Muskelschlauchs eine flüssige Masse, eine concentrirte Lösung von Eiweissstoffen, ist, und viel dazu beigetragen, die alte Lehre vom fibrillären Bau des Muskels und seinem festen Inhalt zu widerlegen. Eine feste Masse hätte die Veränderungen der Form bei der Contraktion nicht zugelassen. Dazu kam (1863) die glückliche Beobachtung, wie eine Nematode frei und leicht in dem Inhalt einer normalen Muskelfaser umherschwamm, eine Entdeckung, welche er alsbald verwerthete und den sichersten Beweis für seine obige Anschauung abgab.

Eine grosse Reihe sinnreicher, vielfach modificirter Versuche wurden von ihm über die chemische Reizung des Nerven und des Muskels beim Frosch gemacht (1859), in der Absicht, die seit Albrecht v. Haller viel diskutirte Irritabilitätsfrage des Muskels zu entscheiden, indem er chemische Reize suchte, welche sich verschieden für den Nerven und den Muskel ver-

halten. In der That fand er Agentien, welche in grösster Verdünnung noch auf das von ihm entdeckte nervenfreie Ende des von ihm in die Muskelphysiologie eingeführten Musculus sartorius vom Frosch erregend wirken, aber erst bei starker Concentration auf die Nerven, andere wie z. B. das Glyzerin, welche nur den Nerven erregen, und wieder andere, welche den Muskel heftig erregen wie das Ammoniak, den Nerven jedoch gar nicht. Wenn auch nachträglich durch die sinnreichen Versuche von Hering erkannt worden ist, dass die Reizung durch Chemikalien grösstentheils auf einer galvanischen Reizung durch den abgeleiteten Muskelstrom beruht, so ändert dies doch nichts an dem verschiedenen Verhalten von Muskel und Nerv gegen chemische Reize. Um nun die galvanische Reizung auszuschliessen, nahm Kühne später Gase und Dämpfe als Reizmittel, von denen die meisten den Muskel erregen, die Nerven jedoch ohne Erregung tödten. — Den sicheren Beweis für die Irritabilität des Muskels sah er darin, dass die nervenhaltigen Theile des Musculus sartorius eine nach der Peripherie abnehmende Erregbarkeit besitzen, die nervenfreien Enden dagegen eine gleichbleibende, und dass die ersteren die Erregung auf den ganzen Muskel übertragen, während die Erregung einer Muskelfaser nie auf eine andere Muskelfaser übergreift. — Lange Zeit hatte man das Verhalten der Muskeln mit Pfeilgift vergifteter Frösche als Beweis für die Muskelirritabilität angesehen; dieses Gift lähmt nämlich die Nervenendigungen im Muskel und doch sind die Muskeln darnach noch direkt erregbar. Da aber die letzteren nach Kühne noch die eben erwähnten Eigenschaften nervenhaltiger Muskeln zeigen, so schliesst er, dass trotz der Curare-Vergiftung sich im Muskel noch erregbare periphere Nerven vorfinden und also dieses Gift zur Entscheidung der Irritabilitätsfrage unbrauchbar sei.

Aus seinen Untersuchungen zur allgemeinen Physiologie der Muskeln und Nerven entwickelte sich sein vorher erwähntes bahnbrechendes Werk: „Untersuchungen über das Protoplasma“, welches wohl ein Ausgangspunkt zur allgemeinen Physiologie geworden ist. Dabei prüfte er in gleicher Weise wie vorher

das Muskelprotoplasma das Verhalten des Protoplasmas anderer Gebilde gegen äussere Einwirkungen wie z. B. das der Amöben, der Rhizopoden und Myxomyzeten, der Flimmerhaare, der Zellen der Hornhaut und des Bindegewebes; auch das pflanzlicher Zellen z. B. der Zellen der Staubfädenhaare von Tradescantia. Es ergab sich daraus der ungemein wichtige Schluss, dass die Substanz in allen contraktilen Gebilden die gleiche plasmatische Flüssigkeit ist, oder die Einheit der contraktilen Substanz.

An dem für solche Versuche sich so sehr eignenden parallelfasrigen, an den Enden nervenfreien Musculus Sartorius des Frosches wurden von ihm noch mancherlei schöne Beobachtungen zur allgemeinen Muskel- und Nervenphysik gemacht. Hierher gehört der sogenannte Zweizipfelversuch, der die doppelseitige Leitung der Erregung in den motorischen Nervenfasern mit Sicherheit bewies. Er zeigte ferner die sekundäre Erregung von Muskel zu Muskel ohne Vermittlung von Nerven beim Zusammenschmiegen der Muskeln durch Pressen; weiterhin that er die Uebertragung der Erregung vom Muskel auf den Nerven dar und bewies die Abhängigkeit dieser sekundären Zuckung von den Aktionsströmen; er fand die interessante, allerdings noch unerklärliche Thatsache, dass ein Muskel nicht fähig ist, seinen eigenen Nervenstamm sekundär zu erregen. Es gelang ihm dagegen nicht, die von ihm vorausgesetzte elektrische Reizübertragung vom Nerven auf den Muskel durch Versuche darzuthun. Sonderbarer Weise zeigte nach seinen Beobachtungen das Protoplasma der Protozoen bei elektrischer Reizung beim Schluss des Stroms die Erregung an der Anode und nicht an der Kathode wie das Protoplasma der Muskeln, was allerdings gegen die Einheit des Protoplasmas zu sprechen scheint.

Von hoher Bedeutung sind seine umfassenden Arbeiten über die Verdauung der Eiweissstoffe durch den Pankreassaft und die dabei stattfindenden Veränderungen derselben, welche er schon in Berlin (1867) begonnen hatte. Während man früher nur dem Magensaft die Fähigkeit zuschrieb Eiweiss zu verdauen, hatte man dies auch für den Saft der Bauchspeicheldrüsse nachge-

wiesen, aber es blieb noch zweifelhaft, ob der Vorgang nicht nur eine Wirkung der Fäulniss durch niedere Organismen wäre. Kühne that dar, dass das Eiweiss dabei, nach Ausschluss der Fäulniss mittelst Salicylsäure, wirklich in kurzer Zeit verdaut wird. Es wird zunächst in Globulin verwandelt und dieses schliesslich in zwei Eiweissstoffe gespalten, die er Antipepton und Hemipepton nannte, welches letztere nach seiner Ansicht noch weiter in einfache stickstoffhaltige Produkte (Leucin, Tyrosin) und flüchtige Fettsäuren zersetzt wird; bei der Fäulniss durch niedere Organismen treten daneben noch übel riechende Produkte auf, namentlich das den Kothgeruch bedingende Indol, welches er durch Schmelzen von Eiweiss mit Kali, wobei schon Liebig den Kothgeruch bemerkt hatte, darstellen lehrte.

Kühne wurde dadurch zu dem näheren Studium der Fermentwirkungen geführt; er begnügte sich jedoch dabei nicht mit wirksamen Auszügen, sondern suchte die wirksamen Substanzen, die Fermente, zu isoliren. So stellte er das Eiweiss verdauende Ferment des Pankreas her, dem er den allgemein angenommenen Namen „Trypsin“ gab, das durch Kochen in coagulirtes Eiweiss und in Pepton übergeht. Zur Unterscheidung von den sogenannten geformten Fermenten, niederen Organismen, führte er für die löslichen ungeformten Fermente den Ausdruck „Enzyme“ ein.

Man war uneinig darüber, welches der normale wirksame Pankreassaft wäre, der bei temporären Fisteln erhaltene dickliche Saft oder der bei permanenten Fisteln gewonnene dünnflüssige Saft. Kühne lehrte in Uebereinstimmung mit Claude Bernard den ersteren als den normalen näher kennen; es ist ein dickflüssiger Saft, der in der Kälte eine wahre Gerinnung eines Eiweissstoffes zeigt und in Wasser geträufelt einen Niederschlag giebt; letzterer verhält sich wie das im Muskelplasma bei der Todtenstarre sich ausscheidende Myosin.

Nach der so folgenreichen Entdeckung von Carl Ludwig (1851) vermag man bekanntlich von gewissen in die Mundspeicheldrüsen sich einsenkenden Nerven die Sekretion dieser

Drüsen anzuregen; diese Nerven wirken also auf die Drüsenzellen ebenso erregend wie die Muskelnerven auf die Muskeln. Heidenhain gelang es später sogar mikroscopische Veränderungen der Drüsenzellen bei der Absonderung nachzuweisen. Solche Veränderungen beobachtete nun auch Kühne an den lebenden Zellen des Pankreas des Kaninchens; dieselben sind im unthätigen Zustande anders geformt als im thätigen und sie sondern nur an der freien, dem inneren Drüsenraum zugekehrten Fläche das Sekret ab.

Aus den Verdauungsversuchen mit dem Pankreassafte entwickelten sich seine weiteren wichtigen Untersuchungen über die bei der Pepsin- und Trypsinwirkung entstehenden Modifikationen der Eiweissstoffe. Während man früher, um Aufschlüsse über den Bau des Eiweisses zu erhalten, das grosse Eiweissmolekül durch die tief eingreifenden Säuren und Alkalien zu spalten suchte, wendete Kühne die eiweissspaltenden hydrolytischen Enzyme des Organismus an, welche anfangs noch hoch zusammengesetzte, vom gewöhnlichen Eiweiss nur wenig verschiedene Produkte liefern. Man liess vordem das Eiweiss bei der Verdauung in das leicht lösliche und leicht diffundirbare Pepton übergehen, das dann durch Wasserentziehung im Körper wieder zu gewöhnlichem Eiweiss zurückgebildet werde. Kühne fand, wie schon früher G. Meissner bei seinen maassgebenden Versuchen, eine ganze Anzahl von Uebergängen und von verschiedenen Produkten. Er bezeichnete die zuerst entstehenden, durch Salze, namentlich durch das von Heynsius in die Eiweisschemie eingeführte Ammoniumsulfat, fällbaren als Albumosen, die später sich bildenden, nicht mehr durch Salze fällbaren als echte Peptone; die verschiedenen natürlich vorkommenden Eiweissstoffe lieferten verschiedene Albumosen. Diese Untersuchungen haben die Kenntniss der Eiweissarten sehr gefördert und werden später, wenn einmal die Constitution des Eiweisses näher bekannt sein wird, noch weitere Bedeutung gewinnen.

Er wandte auch die Verdauung durch Fermente als elegante histologische Methode an zur Isolirung des Neurokeratins im

Nervenmark, zur chemischen Darstellung des Axencylinders und des charakteristischen Produktes der sogenannten amyloiden Entartung der Organe, mit dessen Untersuchung er sich früher beschäftigt hatte. Die Anwendung der Dialysenschläuche zur leichten Trennung der colloidalen Stoffe, wodurch grössere Flüssigkeitsvolumina der Dialyse zugänglich gemacht wurden, brachte einen wesentlichen technischen Fortschritt.

Ein ganz besonderes Interesse nahm Kühne an der (1876) durch den leider zu früh verstorbenen talentvollen Franz Boll gemachten Entdeckung, dass die Netzhaut des Auges im Leben purpurroth gefärbt sei und zwar durch einen merkwürdigen Farbstoff in den Aussengliedern der Netzhautstäbchen, der durch Licht fortwährend gebleicht wird und sich in der Dunkelheit dann wieder regenerirt. Kühne erkannte alsbald die hohe Bedeutung dieser Entdeckung und begann mit einer Energie ohne Gleichen die Sache näher zu verfolgen; er that dabei seine ganze Meisterschaft in der experimentellen Forschung und seine Beherrschung der chemischen und physikalischen Methoden dar. In kurzer Zeit hatte er eine grosse Zahl der wichtigsten Thatsachen aufgefunden, wenn sich auch seine anfängliche Erwartung, das Geheimniss der Erregung der Netzhaut durch die Lichtstrahlen aufzuhellen, nicht erfüllte. Während Boll meinte, dass die rothe Färbung und die Bleichung durch das Licht eine Lebenserscheinung wäre, that Kühne dar, dass die Stäbchenfarbe bei Lichtabschluss auch nach dem Tode und selbst bei der Fäulniss erhalten bleibt und durch Licht noch gebleicht wird, und dass sie von einer bestimmten chemischen Substanz herrührt, welche er aus dem Gewebe durch gallensaures Alkali auflöste und rein darstellte und deren physikalische Eigenschaften durch höchst sinnreiche Versuche prüfte. Er ermittelte die Wirkung der verschiedenen Farben des Spektrums auf den Sehpurpur, dann den Regenerationsprocess der gebleichten Netzhaut, woraus die sogenannte Optochemie entstand, und die Hervorbringung des weissen Bildes eines leuchtenden Gegenstandes auf der Netzhaut des ausgeschnittenen Kalbsauges auf rosarothem Grunde, das Optogramm,

vergleichbar dem Bilde auf einer photographischen Platte. Man hatte ja die kühnsten Hoffnungen daran geknüpft, wie es häufig bei solchen unerwarteten Entdeckungen geschieht; vermeinte man doch das Bild festhalten zu können von Dingen, welche das Auge vor dem Tode zuletzt erblickt hatte. Aber es sollte Kühne, wie gesagt, nicht beschieden sein in den Vorgang der Erregung der Stäbchen und Zapfen durch die Lichtwellen tiefer einzudringen, denn das Sehen zeigte sich nicht an den Sehpurpur gebunden, da gerade an der Stelle des schärfsten Sehens, dem sogenannten gelben Fleck, der Sehpurpur fehlt und Thiere mit ausgebleichter Netzhaut doch noch gut sehen, und viele gut sehende Thiere keinen Sehpurpur besitzen. Aber doch war in der Bleichung des Sehpurpurs durch das Licht ein Weg angedeutet, wie die Aetherwellen die Netzhautelemente zu erregen vermögen; dieselben können immerhin photochemisch wirken und die chemischen Zersetzungsprodukte die Reize für die Nervenendigung abgeben, wie Kühne annahm. In der von ihm entdeckten Wanderung des Pigments in den Stäbchen erblickte er einen durch Licht regulirbaren Lichtschirm.

Durch diese Erfahrungen an der Netzhaut wurde er angeregt, auch die elektrischen Eigenschaften derselben sowie des Sehnerven, welche zuerst von dem Schweden Holmgren in bahnbrechenden Untersuchungen studirt worden waren, noch weiter zu verfolgen. Es gelang ihm an der isolirten Netzhaut des Frosches einen Dunkelstrom nachzuweisen, wornach die äussere Stäbchenseite sich negativ elektrisch gegen die innere Nervenfaserseite verhält. Während der Belichtung der Netzhaut zeigt sich eine dauernde geringere Ablenkung, die negative Schwankung oder der Phototonus. Bei Lichtreiz der Netzhaut des mit dem Sehnerven verbundenen Augapfels erhält man an dem Nerven die negative Schwankung wie bei jeder Erregung und Thätigkeit eines gewöhnlichen Nerven; bei Eintritt der Dunkelheit durcheilt noch eine starke Erregung den Sehnerven und dann tritt wieder der Ruhestrom auf. Die Erregung des Protoplasmas der Innenglieder der Stäbchen durch

das Licht giebt sich also in dem Wandel der elektrischen Kräfte zu erkennen als Vorläufer der Erregung in den zugehörigen Nervenfasern.

Die letzte grössere Arbeit Kühne's vom Jahre 1898 war die über die Bedeutung des Sauerstoffs für die vitale Bewegung des Protoplasmas und zwar an pflanzlichen Organismen, bei der er noch sein ganzes eigenartiges Geschick zeigte. Bei Entziehung des Sauerstoffs hört die Bewegung der Staubfadenhaare der Tradescantien auf und erscheint wieder bei dem Wiederzutritt des Gases. Ebenso untersuchte er durch äusserst sorgfältige, vielfach modificirte Versuche die Protoplasmabewegung in chlorophyllhaltigen Pflanzenzellen ohne und mit Einwirkung des Lichts; letzteres führte zu innerer Sauerstoff-Entwicklung durch das Chlorophyll. Lichtzutritt ruft die Bewegung hervor; Sauerstoffzutritt bewirkt sie, auch wenn der Lichtzutritt schon unwirksam ist. Die Bewegung erlischt im Dunkeln und wird durch Sauerstoffzutritt und durch eigene Sauerstoffentwicklung im Licht wieder hergestellt.

Kühne war noch arbeitsfreudig und er trug sich mit allerlei Arbeitsplänen; öfters äusserte er sich in seinen Briefen an mich, er wünsche uns noch einige Jahre wissenschaftlicher Thätigkeit. Da befiel ihn am Ende des Sommersemesters 1899 nach einer starken Erkältung eine Erkrankung, die seinem Leben ein für die Wissenschaft zu frühes Ende bereitete.

Kühne war ein Naturforscher von hohen Gaben, der in dunkle und verwickelte Vorgänge des Lebens Licht gebracht hat, von grösster Gewissenhaftigkeit und Zuverlässigkeit in seinen Untersuchungen und Beobachtungen. Es war ihm ein leidenschaftliches Bedürfniss nach Erkenntniss eigen und die reine Freude an derselben; darum beseelte ihn auch eine wahre Lust zu schaffen. Er arbeitete leicht, und wenn er einmal eine Sache als bedeutungsvoll erkannt hatte, widmete er sich ihr mit aller Kraft und ruhte nicht eher als bis er sie so weit als möglich erschöpft hatte.

Er war einer der geistvollsten Menschen von sprudelnder Lebhaftigkeit, voller Interesse und von feinem Verständniss für

die Bestrebungen auf allen Gebieten menschlicher Thätigkeit, für die Fortschritte des Wissens und der Kunst, und von einer seltenen allgemeinen Bildung. Es war ein wahrer Genuss eine Kunstausstellung mit ihm zu durchwandern, wobei man erstaunt war über seine eingehenden Kenntnisse. Für seinen inneren Werth sprach es, dass er mit dem um 25 Jahre älteren Robert Bunsen fast täglich freundschaftlich verkehrte und ihm die Resultate der wissenschaftlichen Forschung berichten durfte.

Seine edle und liebenswürdige Persönlichkeit nahm alsbald für ihn ein. In der Wissenschaft war es ihm nur um die Sache und um die Wahrheit zu thun, nie um persönliche Interessen; jedes unwahre, selbstsüchtige Treiben verachtete er. Er konnte sich an jeder ernsten Leistung und an den Fortschritten des Wissens wahrhaft erfreuen. Er hielt sich frei von vorgefassten Meinungen und war stets bereit als irrthümlich erkannte Ansichten aufzugeben. Hypothesen und Theorien galten ihm wie jedem echten Naturforscher nicht als Erkenntniss, sondern nur als Mittel zur Erkenntniss.

Wir Zeitgenossen werden ihm stets dankbar für sein Lebenswerk sein und seiner in Verehrung gedenken; aber auch die spätere Zeit wird ihn zu den bedeutendsten Physiologen zählen.

Charles Hermite.

(Dieser Nachruf stammt aus der kundigen Feder des Herrn Collegen Alfred Pringsheim).

Am 14. Januar des Jahres 1901 starb zu Paris im 79. Lebensjahre der Nestor der französischen Mathematiker, Charles Hermite. Länger als ein halbes Jahrhundert hat er durch Schrift und Wort den Ausbau und die Verbreitung mathematischen Wissens in hervorragender Weise gefördert. Erst 1897, im Alter von 75 Jahren, hatte er seine Lehrthätigkeit, die er als Repetitor für Analysis an der École Polytechnique begonnen, als Professor an der Sorbonne niedergelegt, seine Schaffenskraft aber endete erst mit seinem Tode: tragen doch seine letzten Publicationen („Sur une équation transcendante“ im Archiv für Mathematik

und „Sulle frazioni continue“ in der neu begründeten Zeitschrift: Le Matematiche pure e applicate) das Datum vom 17. December 1900, bezw. Januar 1901!

Hermite wurde am 24. December 1822 zu Dieuze in Lothringen geboren. Nachdem er das Collège zu Nancy, dann die Pariser Collèges Henri IV und Louis le Grand besucht, bezog er 1842 die École Polytechnique. Das Interesse für die reine Mathematik, das schon auf der Schule mächtig in ihm erwacht war und namentlich durch die Lecture von Lagrange's „Traité de la résolution des équations numériques“ und Gauss' „Disquisitiones arithmeticae“ reichliche Nahrung gefunden hatte, verdrängte sehr bald seine ursprüngliche Absicht, Ingenieur zu werden. Schon 1843 schickt er auf Lionville's Rath an Jacobi eine briefliche Mittheilung seiner Untersuchungen über hyperelliptische Functionen und „stellt sich mit einem Schlage, durch einen Brief von wenigen Seiten, in die Reihe der besten Analysten Europa's“.[1]) Im Jahre 1848 wird er zunächst Repetitor und Examinator an der École Polytechnique, 1862 Maître de conférences an der École Normale, 1869 als Nachfolger Duhamel's Professor der höheren Algebra an der Sorbonne (Faculté des Sciences) und zugleich Professor der Analysis an der École Polytechnique. Wohl die gesammte, an hervorragenden Talenten so reiche Generation der jüngeren französischen Mathematiker hat er seit jener Zeit zu begeisterten Schülern gehabt.

Von seinen überaus zahlreichen, über die verschiedensten Gebiete der Analysis, Algebra und Zahlentheorie sich erstreckenden Arbeiten hat P. Mansion in der „Revue des questions scientifiques“ (T. 19) ein vorläufiges Verzeichniss zusammengestellt.[2]) Ihre Anzahl beläuft sich auf mehr als 200, und

---

[1]) Darboux, Rede zur Feier von Hermite's 70. Geburtstage.

[2]) Eine kurze kritische Besprechung der wichtigsten Hermite'schen Arbeiten giebt M. Krause in einem Vortrage, der in der naturwissenschaftlichen Gesellschaft Isis in Dresden gehalten wurde und in deren Organ abgedruckt ist; eine ausführlichere, glänzende Würdigung von Hermite's wissenschaftlichen Verdiensten bietet Emile Picard's in der

es verdient an dieser Stelle ausdrücklich hervorgehoben zu werden, dass mehr als der fünfte Theil in deutschen Zeitschriften publicirt wurde: liegt doch gerade hierin ein beredtes Zeugniss, wie Hermite seit jener ersten Correspondenz mit Jacobi unablässig bemüht war, wissenschaftliche und persönliche Verbindungen mit deutschen Mathematikern anzuknüpfen und zu unterhalten. Und wie er selbst mit Vorliebe sich als Schüler von Gauss, Jacobi und Dirichlet zu bezeichnen pflegte, so gebührt ihm, wie keinem seiner Landsleute und Collegen das grosse Verdienst, eingehendes Studium und gerechte Würdigung der grossen deutschen Mathematiker von Gauss bis Weierstrass in Frankreich angeregt und gefördert zu haben.

Eine einigermaassen ausreichende Classification der Hermite'schen Arbeiten bietet insofern grosse Schwierigkeiten, als viele derselben, und darunter gerade solche von ganz besonderer Tragweite nicht einer der oben genannten Disciplinen, sondern auf gewissen Grenzgebieten sich bewegend mehreren zugleich angehören.

Ein nach Anzahl und Bedeutung besonders erheblicher Theil jener Arbeiten beschäftigt sich mit der Theorie der elliptischen und hyperelliptischen Transcendenten und deren Beziehungen zur Algebra und Zahlentheorie. Dem zuvor erwähnten Briefe an Jacobi war bereits 1844 ein zweiter — über die Transformation der elliptischen Funktionen — gefolgt, welcher von dem auf der Höhe seines Ruhmes stehenden Königsberger Mathematiker mit den schmeichelhaftesten Lobsprüchen erwidert und für würdig erachtet wurde, mit jenem ersten zusammen in der Sammlung seiner „Mathematischen Werke“[1]) abgedruckt zu werden. Das schon in jenem zweiten Briefe

---

Faculté des Sciences gehaltener Vortrag: L'oeuvre scientifique de Charles Hermite (abgedruckt in den Annales de l'École Normale, 3ième Série, T. 18). Ein weiteres eingehendes Referat über Hermite's wissenschaftliche Thätigkeit hat M. Noether in den Mathematischen Annalen publicirt.

[1]) D. h. schon in der von Jacobi selbst veranstalteten Ausgabe: Bd. I (1846), p. 391 ff.

angewendete, heutzutage meist schlechthin als „Hermite'scher Satz" bezeichnete Fundamental-Princip, nämlich die Reduction jeder, gewissen Periodicitäts-Bedingungen genügenden Function auf eine lineare Verbindung bestimmter Elementarfunctionen, hat sich nicht nur für die Behandlung des Transformations-Problems, sondern für die gesammte Theorie der elliptischen Functionen als äusserst fruchtbar erwiesen und wurde späterhin (1855) in verallgemeinerter Form von Hermite auch für die Transformation der Abel'schen (genauer gesagt: hyperelliptischen) Functionen nutzbar gemacht. Andere grundlegende Anwendungen giebt er in seiner „Uebersicht über die Theorie der elliptischen Functionen"[1]) und bei der Behandlung der von ihm eingeführten doppelperiodischen Functionen 2. und 3. Art. Neben einer ganzen Reihe weiterer der Lehre von den elliptischen Functionen angehöriger Arbeiten, welche theils der Herleitung zahlreicher neuer analytischer Beziehungen dienen, theils Vereinfachungen in der Herleitung schon bekannter liefern, verdienen diejenigen eine ganz besondere Erwähnung, in denen Hermite die Theorie der elliptischen Functionen auf algebraische und zahlentheoretische Probleme anwendet. Die Beschäftigung mit der Transformation der elliptischen Functionen und der damit in engem Zusammenhange stehenden, von Jacobi begründeten Theorie der Modulargleichungen führt ihn zur Auflösung der Gleichung 5. Grades (1858) und weiterhin zu bemerkenswerthen Resultaten über gewisse Gleichungen beliebigen Grades, zugleich aber auch zur Herleitung von Classenanzahl-Relationen für quadratische Formen. Ebendahin gelangt er andererseits auch durch Reihen-Entwickelungen gewisser Theta-Quotienten, und die weitere Verfolgung dieses Weges liefert ihm unter anderen zahlentheorethischen Ergebnissen die zum Theil von Gauss und Legendre auf anderen Wegen gefundenen Sätze über die Darstellung

---

[1]) Unter diesem Titel deutsch von L. Natani, Berlin 1863; ursprünglich als Anhang zu Lacroix, Traité élémentaire du calcul différential et intégral, 6ième éd., 1862.

einer Zahl als Summe von drei oder fünf Quadraten. Weitere Anwendungen der elliptischen Functionen macht er auf die Integration der sog. Lamé'schen und anderer Differential-Gleichungen, sowie auch auf verschiedene mechanische Probleme.

Unter den nicht auf die Theorie der elliptischen oder hyperelliptischen Functionen sich beziehenden analytischen Arbeiten gebührt zweifellos der erste Platz seiner vielgenannten Abhandlung über die Transcendenz der Zahl e (1873). Wusste man auch seit Lionville Zahlenreihen anzugeben, welche transcendente Irrationalitäten definiren, so wird hier zum ersten Male ein bindender Beweis dafür gegeben, dass eine von vornherein definirte, für die gesammte Analysis so fundamentale Zahl, wie jenes e, der Classe der algebraischen Zahlen nicht angehört. Der von Hermite benützte Gedankengang darf zugleich für den späterhin (1882) von Lindemann gelieferten Beweis der Transcendenz von π, also für die Erledigung des naturgemäss weit populärer gewordenen Kreis-Quadraturproblems als bahnbrechend und vorbildlich angesehen werden. Die Theorie der algebraischen Kettenbrüche, welche Hermite als Grundlage bei jener Untersuchung über die Zahl e gedient hatte, verdankt ihm auch weiterhin erhebliche Bereicherungen und Verallgemeinerungen. Er wendet sie auf die Integration gewisser linearer Differential-Gleichungen an und findet neue Beziehungen zur Theorie der Kugel-Funktionen. Aber hiermit sind seine analytischen Leistungen noch keineswegs erschöpft. Eine lange Reihe von Arbeiten behandelt analytische Einzelfragen der mannigfachsten Art: solche aus dem Gebiete der Infinitesimal-Rechnung, der Bernouilli'schen Zahlen, der Gamma-Functionen und Euler'schen Integrale, der Fourier'schen Reihen, der analytischen Functionen. Es giebt wohl kaum eine Frage des analytischen Calcüls, in die er nicht gelegentlich mit seiner schöpferischen Eigenart eingegriffen hätte.

Die Theorie der elliptischen und hyperelliptischen Functionen ist zu eng mit derjenigen der quadratischen Formen verknüpft, um es nicht geradezu als selbstverständlich erscheinen zu lassen, dass Hermite seit Beginn seiner mathe-

matischen Untersuchungen der Formen-Theorie besonderes Interesse und tiefstes Studium gewidmet hat. Hier setzt die grosse Reihe seiner rein zahlentheoretischen und algebraischen Arbeiten ein, die im übrigen seinen analytischen Leistungen an Bedeutung in keiner Weise nachstehen. Von der arithmetischen Theorie der binären quadratischen Formen steigt er auf zu derjenigen der quadratischen Formen mit beliebig vielen Veränderlichen und der binären Formen beliebigen Grades. Bald schafft er sich mit der Einführung stetiger Variablen in der Zahlentheorie ein neues mächtiges Hülfsmittel und eröffnet neue Perspectiven durch die Betrachtung von Formen mit conjugirt complexen Veränderlichen. Im Zusammenhange mit der Theorie der quadratischen Formen entwickelt er eine neue und verallgemeinerte arithmetische Theorie der Kettenbrüche und der damit zusammenhängenden Annäherungs-Methoden. Durch rein arithmetische ebenfalls auf der Theorie der quadratischen Formen beruhende Betrachtungen beweist er den Sturm'schen Satz über die Anzahl der reellen Wurzeln einer algebraischen Gleichung, wie auch den analogen Cauchy'schen Satz über complexe Wurzeln, und wird durch die Beschäftigung mit diesem Gegenstande auf einen ganz neuen höchst merkwürdigen Satz geführt, wonach sich die Wurzeln gewisser Gleichungen allemal mit Hülfe einer endlichen Anzahl bestimmter Irrationalitäten ausdrücken lassen.

Aber auch die algebraische Theorie der Formen empfing sehr bald durch Hermite's Arbeiten ausserordentliche Förderung. Mit Cayley und Sylvester darf er als gleichwerthiger Begründer der Invarianten-Theorie angesehen werden. Viele der von jenen gewonnenen Resultate hat er gleichzeitig und unabhängig aufgefunden, andere sind im wissenschaftlichen Wechselverkehr entstanden, so dass es kaum möglich erscheint, den Antheil jedes einzelnen mit absoluter Genauigkeit zu bestimmen.

Als Documente seiner Lehrthätigkeit hat uns Hermite den (1873 gedruckten) ersten Theil seines „Cours d'Analyse de l'Ecole polytechnique" und den im Winter 1881/82 an der Faculté des Sciences vorgetragenen „Cours" (autographirt in

4 succesive vermehrten und verbesserten Ausgaben) hinterlassen. Dieselben sind für Hermite's ganze wissenschaftliche Persönlichkeit nicht weniger charakteristisch, als seine selbständigen Arbeiten. Die Erörterung subtiler Principien-Fragen liegt ihm ebenso ferne, wie das Streben nach irgendwelcher Einheitlichkeit der Methode und nach geschlossenem, systematischen Aufbau einer zusammenhängenden Theorie. Es ist die eigenartige Behandlung einer reichen Fülle concreter Probleme, durch die er das Interesse des Lesers zu gewinnen sucht und zu fesseln weiss. In der Originalität der Fragestellung, in der vielseitigen Auswahl und eleganten Beherrschung der zur Lösung herangezogenen analytischen Hülfsmittel zeigt er seine eigentliche Meisterschaft.

Hermite, der bereits im Jahre 1856 in die französische Akademie aufgenommen wurde, gehörte späterhin wohl sämmtlichen Akademien der Erde, seit 1878 auch der unserigen als auswärtiges Mitglied an.

Nils Adolf Erik v. Nordenskiöld.[1])

Am 13. August 1901 ist das correspondirende Mitglied unserer Akademie Nils Adolf Erik Freiherr v. Nordenskiöld auf seinem Landsitze Dalbyö bei Lund unerwartet im 69. Lebensjahre gestorben. Welcher Gebildete hätte nicht den Namen des kühnen Entdeckungsreisenden der arktischen Regionen vernommen und seine wunderbaren Fahrten mit staunendem Interesse verfolgt; aber er wäre nicht im Stande gewesen, trotz allen Muthes und aller Ausdauer, die Kenntnisse von der Gestaltung der Erde in so hohem Grade zu bereichern, der Begründer der heutigen Polarforschung und der Entdecker der nordöstlichen Durchfahrt zu werden, wenn er nicht durch seine naturwissenschaftliche Ausbildung und seine hervorragenden in

---

[1]) Mit Benützung der Nekrologe von Dr. Moritz Lindemann in Dresden, Deutsche geographische Blätter 1901 Bd. 24 S. 80 und von Siegmund Günther, naturwissenschaftliche Rundschau, 1902 Jahrg. 17 Nr. 6 S. 75.

der stillen Gelehrtenstube gemachten Forschungen in der Mineralogie, Geologie und Geographie dazu befähigt gewesen wäre.

Aus einer alten schwedischen Familie stammend wurde er am 18. November 1832 in Helsingfors, nach der Einverleibung Finnlands in das russische Reich, geboren, woselbst sein Vater als tüchtiger Mineraloge der Direktor des finnländischen Berg- und Hüttenwesens war. Von früh an hatte er, offenbar durch die Thätigkeit seines Vaters veranlasst, eine Neigung zur Geognosie gefasst. Darum betrieb er auch an der Universität Helsingfors von 1849 an eifrig Studien in der Mathematik, Physik und Chemie, besonders aber in der Mineralogie und Geologie. Noch während seiner Studienzeit hatte er das Glück seinen Vater auf Reisen in dem geologisch so merkwürdigen Finnland und in den mineralreichen Ural zu begleiten, wobei seine mineralogischen und geologischen Kenntnisse durch die unmittelbare Anschauung der Natur sehr erweitert wurden; die Ergebnisse dieser Reisen legte der junge Forscher schon 1857 in mehreren Abhandlungen in den Verhandlungen der finnländischen wissenschaftlichen Gesellschaft nieder.

Vor dem Abschluss seiner Studien zog er sich durch eine freisinnige Rede das Missfallen des russischen Gouverneurs v. Berg zu; er begab sich desshalb an die Universität Berlin, wo er naturwissenschaftliche Vorlesungen hörte und namentlich durch Gustav Rose, den ersten Analytiker seiner Zeit, in die genaue Mineralanalyse eingeführt wurde.

Nach seiner Vaterstadt zurückgekehrt erwarb er (1857) den Doktorgrad; jedoch kam es bald zum abermaligen Bruch mit den russischen Behörden in Folge einer Rede, worauf er für immer Finnland verliess und nach Stockholm ging; er fand daselbst ein angeregtes wissenschaftliches Leben im Umgang mit strebsamen jungen Gelehrten.

Es mögen hier seine mineralogischen Arbeiten, welche ihn in der ersten Zeit seiner wissenschaftlichen Thätigkeit beschäftigten, erwähnt werden. Er hat zahlreiche Mineralien Finnlands und Schwedens chemisch und krystallographisch untersucht und dadurch werthvolle Beiträge zur Kenntniss der dort

vorkommenden seltenen Species geliefert und mehrere neue Mineralien entdeckt; es gehören hierher die Beschreibungen des aus kieselsaurer Yttererde bestehenden Gadolinits von Ytterby, des Selenkupferthallium enthaltenden Crookesit's, des Laxmannits, Demidowits, Thermophyllits, des tantal- und miobsaure Salze mit Uranoxyd führenden Nohlits, des Tantal und Mangan haltigen Tantalits, des merkwürdigen Yttro-Uranmetalls Cleveïts, der Niobite, dann der seltene Erden wie Cerium, Lanthan, Didym, Zirkonium einschliessenden Mineralien, sowie solche mit Wolframsäure, Molybdänsäure, Vanadinsäure und Chromsäure. Eine ausführliche Arbeit ist den Kupferphosphaten von Nischno-Tagilsk gewidmet. Er untersuchte ferner die Beziehungen zwischen Krystallwasser und Krystallgestalt und betheiligte sich an der Lösung der damals viel erörterten Fragen über Iso- und Dimorphismus; auch nahm er schon früh lebhaftes Interesse an der Zusammensetzung der Meteorite, angeregt durch die in Hessla in Schweden und in Grönland gefundenen Eisenmassen meteorischen Ursprungs. Diese werthvollen Mineraluntersuchungen bestimmten den Mineralogen Franz v. Kobell ihn 1876 zur Aufnahme in unsere Akademie vorzuschlagen.

In Stockholm wurde Nordenskiöld von den letzteren Aufgaben bald auf eine ganz andere Bahn, die der naturwissenschaftlichen Erforschung der vereisten Gebiete des hohen Nordens, der Spitzbergen-Inselgruppe und Grönlands, gelenkt. Er war mit Otto Torell in Lund bekannt geworden, der in Schweden das Interesse für die arktische Forschung erweckt hatte; er durfte (1858) Torell bei einer mit geringen Mitteln ausgerüsteten dreimonatlichen Fahrt mit der kleinen norwegischen Jacht „Fritjof" nach der Bäreninsel und der Westküste von Spitzbergen als Geologe zugleich mit dem Zoologen Quennerstedt begleiten; er bewährte sich bei dieser orientirenden ersten Polarreise der Art, dass er alsbald nach der Rückkehr im Alter von 25 Jahren zum Professor der Chemie und Mineralogie am Carolinischen Institut und zum Vorstand der mineralogischen Sammlung des Reichsmuseums ernannt wurde.

Nach der Bearbeitung seiner geologischen Funde und Beobachtungen folgte (1861) eine zweite mit grösseren Mitteln und mit Unterstützung des Königs, der Regierung und der Akademie angestellten Expedition unter Torell's Führung zugleich mit zahlreichen schwedischen Forschern, welche aus zwei Segelschiffen und sechs Booten bestand. Auf dieser ersten grösseren schwedischen Expedition wurde Spitzbergen zuerst in naturhistorischer Hinsicht näher kennen gelernt.

Bei einer weiteren Polarreise unter Nordenskiölds Leitung nach Spitzbergen (1864) mit dem alten Kriegsschiffe „Axel Tordsen" wurden durch den jungen Astronomen Dunér aus Lund Vorarbeiten für eine Gradmessung gemacht und vom weissen Berge aus, nahe der Ostküste der Hauptinsel Spitzbergens, ein hohes Gebirgsland „Schwedisch Vorland" entdeckt.

In Folge dieser günstigen Aussichten nahm sich nun der Staat sowie die Akademie (1868) der Sache energisch an und liess den stark gebauten Postdampfer „Sofia" für eine neue Reise nach Spitzbergen ausrüsten. Er drang dabei bis 81° 42′ nördlicher Breite vor, weiter als vor ihm ein Forscher, aber das Eis zeigte sich von da an unbezwingbar. Reiche Ausbeute zur Geologie, Physik und Biologie dieser arktischen Regionen wurde von ihm und seinen wissenschaftlichen Mitarbeitern mitgebracht.

Von diesen drei Fahrten nach Spitzbergen stammt grösstentheils unsere gegenwärtige Kenntniss jenes Archipels: von Nordenskiöld rühren die Aufnahmen der geologischen und geophysikalischen Verhebung, der Hebung und Senkung der Küsten, und ein erster Versuch zur Begründung der Klimatologie der Büreninseln her, während man seinen Begleitern die geographische Ortsbestimmung, die Tiefseeerforschung und die Untersuchung des Thier- und Pflanzenlebens verdankt.

Sein Blick richtete sich nun (1870) auf ein neues und höheres Ziel, nämlich auf die Erschliessung von Grönland, dieses grössten Polarkontinents, wo die zweite deutsche Nordpolfahrt unter Drygalski und dänische Forscher schon vorgearbeitet hatten. Es lag die Frage vor, ob das Inlandseis von

Grönland, von dem man nur einen schmalen Küstensaum kannte und auf dem tiefer ins Innere zu dringen bis dahin nicht gelungen war, passirbar sei. Nordenskiöld kam nach sorgfältiger Vorbereitung mit Dr. Berggren und zwei Grönländern mittelst Schlitten auf dem Binneneise 45 Kilometer weit. Auf der Insel Disko entdeckte er dabei die drei grössten bis jetzt bekannten mächtigen Eisenmassen meteorischen Ursprungs, deren grösste er auf 500 Zentner schätzte.

Bald darauf fasste er den Plan zu einer fünften mit allen Hilfsmitteln sorglich vorbereiteten Reise nach Spitzbergen; er wollte überwintern und dann mit Schlitten auf dem Eise nach dem Pol zu gelangen suchen. Unter Beihilfe des Staates und der Akademie, der Seehandelsstadt Gothenburg und des Grosskaufmanns O. Dickson in Gothenburg erhielt er die Mittel, um zwei Schiffe, den eisernen Postdampfer „Polhene“ und die Segelbrig „Gladan“ mit zwei Dampfern für Kohle, Proviant, das Ueberwinterungshaus und die Renthiere auszurüsten. Im Juli 1872 ging die Expedition von Tromsö ab und blieb den Winter über an der Mossel- oder Halbmondsbai; leider trat allerlei Missgeschick ein, wodurch der Plan nur unvollkommen zur Ausführung kam, es froren die Transportschiffe vorzeitig ein, so dass der Proviant für 67 statt für 21 Personen ausreichen musste, auch liefen die Renthiere davon. Im Frühjahr 1873 ging es mit Leutnant Polander und 14 Mann über die Parryinseln auf drei Schlitten und zwei Booten gegen Norden nach den Siebeninseln. Von der Phippsinsel, der nördlichsten der Siebeninseln, fand sich bei einer Umschau das Treibeis im Norden der Art, dass es unmöglich erschien einen höheren Breitegrad zu erreichen. Sie fuhren daher über Cap Platen längs der unvollständig bekannten Nordküste des Nordostlandes und dann über das Binneneis des letzteren nach der Mosselbai zurück. Es war ein kühner Zug, durch den man die Ueberzeugung gewann, dass sich der 90. Grad nicht mittelst Schiffen, sondern nur mit Schlitten und Eskimohunden erreichen lasse, wie es später durch Nansen und den Herzog der Abruzzen durchgeführt worden ist.

Die österreichisch-ungarische Expedition von 1872/74 unter Payer und Weyprecht sowie die Nachrichten der Walfischfänger, dass es möglich sei, zu bestimmten Jahreszeiten in das karische Meer einzudringen, lenkten seine Aufmerksamkeit auf die über drei Jahrhunderte alte Aufgabe, einen Schifffahrtsweg im Norden um Europa und Asien nach den ostasiatischen Gewässern, die nordöstliche Durchfahrt, zu finden, welche seit der Angabe K. E. v. Baer's, dass das karische Meer aus undurchdringlichem Eis bestehe, für unmöglich gehalten wurde. Nordenskiöld prüfte auf zwei Fahrten diese Angabe; mit dem kleinen Segler „Proeven" erreichte er (1875) an der nordsibirischen Küste die Jenissei-Mündung und mit dem grösseren Fahrzeug „Ymer" den Dickson's Hafen an der gleichen Flussmündung, wodurch jene Angabe von Baer als irrthümlich erwiesen war.

Diese vorläufige Erkenntniss liess ihn nicht ruhen, er wollte das wichtige Problem der nördlichen Umschiffbarkeit Asiens lösen. Von König Oskar von Schweden, seinem alten Gönner Dickson in Gothenburg und dem sibirischen Bergwerksbesitzer Sibirianoff bekam er die Mittel zur Ausführung des grossen Unternehmens. Es standen der Dampfer „Vega" und zwei Transportdampfer zur Verfügung; die Vega leitete der damalige Kapitänleutnant Palander, den einen Transportdampfer der Kapitän Johannesen; zahlreiche Naturforscher begleiteten die überaus glückliche Fahrt, durch welche er sich den grössten Ruhm erworben hat. Sie gieng am 8. Juli (1878) von Gothenburg aus; die Vega fror aber Ende September unter 67° 5' nördlicher Breite nahe ihrem Ziele in der Koljutschinbai ein und konnte erst im Juli 1879 die Reise durch die Behringsstrasse fortsetzen; anfangs September war das so lange erstrebte Ziel der Umseglung Europas und Asiens mit ihrer Ankunft in Japan gelungen. Die Fahrt erregte überall das grösste Aufsehen; der König von Schweden ehrte Nordenskiöld durch die Erhebung in den Freiherrnstand und der Reichstag bewilligte ihm einen Ehrensold.

Zuletzt trat er (1883), gestützt auf die Erfahrungen bei dem ersten Versuch von 1870, nochmals eine Grönlandfahrt an, um die Durchquerung des Grönländischen Eises zu versuchen und zu entscheiden, ob diese Insel ganz vergletschert sei oder eisfreie Bezirke berge. Auch zu dieser seiner siebenten arktischen Reise erhielt er die Mittel von Dickson und das Schiff „Sofia" durch den König von Schweden; unter den sechs wissenschaftlichen Begleitern befand sich der Botaniker und Paläontologe Professor Nathorst. Der Zug ging über Island nach dem Anleitsivikfjord, von wo die Wanderung über das Binneneis auf Schlitten und Schneeschuhen begann. Sie kamen 120 Kilometer weit in das Innere und fanden eine langsam ansteigende Eisfläche vor. Auf der Rückreise gelang es. das die südliche Ostküste Grönlands umlagernde Treibeis zu durchdringen und diese Ostküste südlich vom Polarkreis zu erreichen, ein Ziel welches man schon seit Jahrhunderten vergeblich zu erreichen versucht hatte. Darnach stellte sich Grönland als ein gewaltiger Eiscontinent dar, so wie ein grosser Theil der Erdoberfläche während der Eiszeit beschaffen war, was später von Nansen durch seine geglückte Durchquerung Grönlands bestätigt wurde.

Nach Abschluss dieser seiner Entdeckungsfahrten widmete sich Nordenskiöld der Bearbeitung des davon mitgebrachten reichlichen wissenschaftlichen Materials, durch welches er die Geologie und die polare Länderkunde wesentlich bereicherte. Die Resultate finden sich in grossen Werken zusammengestellt. Die Vegafahrt ist in einer deutschen Schrift: „Die Umsegelung Europas und Asiens auf der Vega" in zwei Bänden im Allgemeinen beschrieben; das wissenschaftliche Detail in schwedischer Sprache in fünf Bänden berichtet; die letzte Reise nach Grönland in dem Buche: „Grönland, seine Eiswüsten im Innern und seine Ostküste".

Seine Beobachtungen über eine dereinstige höhere Temperatur in der kalten Zone führten ihn zu bestimmten Vorstellungen über die Veränderungen der Wärme in diesen Regionen in

geologischer Vorzeit, sowie über die Eisbildung, welche dazu beigetragen haben unsere Kenntnisse von der Entwicklung der Erde und von der Abgrenzung der einzelnen tellurischen Zeitalter sicherer zu stellen.

Besonders nahmen sein Interesse in Anspruch die merkwürdigen Ansammlungen des eisenhaltigen feinen grauschwarzen Staubes, des Lehmschlammes oder Kryokonits, den man in Spitzbergen antrifft, und den er sogar auf dem ewigen Eise Grönlands in weiter Entfernung vom Strande vorfand; die Staubdecke ist aus diesem Grunde und nach dem Resultate der von ihm gemachten chemischen Untersuchung nicht von zerriebenem Gneis Grönlands abzuleiten; er hält dieselbe vielmehr wie die Meteoriten für kosmischen Ursprungs, entstanden durch Verbrennung der Meteoriten in unserer Atmosphäre.

Von grosser Bedeutung sind seine Studien über das Nordlicht, welche er namentlich während des Winteraufenthaltes im Nothhafen zu Pitlekay anstellte; es bot dorten das Phänomen ganz andere Erscheinungen dar wie in Skandinavien oder Spitzbergen; die geographische Lage des Beobachtungsortes bedingt also eine Verschiedenheit des Anblicks. Er stellte darnach eine besondere Theorie auf: er sagt, man müsse auf der Erde verschiedene concentrische Kreisringe unterscheiden, und man nehme je nachdem man sich in dem einen oder anderen dieser Ringe befinde, einen anderen Typus des Nordlichts wahr, ein strahlenwerfendes oder ein sogenanntes Draperielicht oder nur ein diffus leuchtendes. Der Mittelpunkt der Ringe fällt nach ihm nicht mit dem magnetischen Nordpol zusammen, sondern liegt etwas nördlich von letzterem.

Seine Ermittlungen über die Hebung des Landes in Skandinavien ergaben, dass daselbst überall in der Tiefe von 100 Metern nach Durchdringung der archaeischen Formation Grundwasser sich findet, so dass selbst auf kleinen sonst wasserlosen Felseninseln der Küste Bohrungen zur grossen Wohlthat der Bewohner mit Erfolg angestellt werden können.

In den letzten zwanzig Jahren seines Lebens beschäftigte er sich eifrig mit der Geschichte der Erdkunde, namentlich durch Seefahrten und ihrer Darstellung durch Karten. Es sind wahrhaft grossartige Leistungen an Fleiss und Genauigkeit.

1883 gab er drei Karten zu den Reisen des Venetianers Zeno nach den Far-Öer, Island und Grönland heraus, wobei es sich allerdings nach Storms um ein späteres Machwerk handelte; dann folgte eine neue Ausgabe einer Reisebeschreibung von Marco Polo. 1889 erschien der Facsimile-Atlas mit der Entwicklung der gedruckten Landkarten im 15. und 16. Jahrhundert; 1892 zum 400jährigen Jubiläum der Entdeckung Amerikas die Nachbildung der ältesten Karte von Amerika, und 1897 der wunderbare Periplus mit der Geschichte der Seekarten und Segelanweisungen von ihren Anfängen bis ins 18. Jahrhundert. Diese Werke werden für lange Zeit die Grundlage der Forschung auf dem Gebiete der Kartographie und der geographischen Entdeckungen bilden.

Es war ein an Thaten reiches Leben, die ihm durch seine umfangreichen Kenntnisse, seine unauslöschliche Liebe zur Wissenschaft, durch besonnenes Abwägen des Erreichbaren und sein entschlossenes kühnes Handeln gelangen. Er war weit davon entfernt durch seine Reisen und das Ueberstehen von Gefahren Aufsehen machen zu wollen; auch wollte er sich nicht durch die Polsucherei, die ihm von geringem wissenschaftlichen Werth zu sein schien, einen berühmten Namen machen. ihm war es nur um die Wissenschaft zu thun, welche er auch als Mitglied des schwedischen Reichstages, dem er seit 1869 angehörte, durch Unterstützung ihrer Anforderungen zu fördern suchte. Darum blieb er auch trotz reicher Ehren und Anerkennungen der einfache, die lärmende Oeffentlichkeit scheuende Gelehrte, der ob seiner Verdienste um die Wissenschaft in seinem Vaterlande und in der ganzen gebildeten Welt stets in Ehren gehalten werden wird.

Adolf Fick.

Am 21. August 1901 ist in dem Seebade Blankenberghe, wo er mit seiner Familie die Sommerfrische geniessen wollte, der emeritirte Professor der Physiologie an der Universität Würzburg Adolf Fick im Alter von fast 72 Jahren noch körperlich und geistig rüstig an einer Gehirnblutung unerwartet gestorben. Er gehörte ebenfalls zu den deutschen Physiologen, welche seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts durch physikalische Methodik und Denkweise zum Ausbau der Physiologie im Sinne der mechanischen Anschauung der Lebensvorgänge beigetragen haben; er war von diesen der besten einer.

Adolf Fick wurde am 3. September 1829 zu Kassel geboren, woselbst sein Vater, der aus Bamberg zur Reorganisation des hessischen Strassenbauwesens berufen worden war, Oberbaurath war. Er besuchte zunächst die Schulen seiner Vaterstadt und bezog 1847 die Landes-Universität Marburg. Schon in früher Jugend zeigte sich bei ihm ein besonderes Talent für die Mathematik, welcher er sich auch anfänglich als Lebensberuf zuwenden wollte; auch hatte er sich frühe reiche Kenntnisse in der theoretischen Mechanik erworben. Sein älterer Bruder, welcher später Professor des römischen Rechts an der Universität Zürich war, überredete ihn jedoch sich der Medizin zuzuwenden. In diesem Entschluss mag ihn auch sein Bruder Ludwig Fick bestärkt haben; derselbe war Professor der Anatomie in Marburg und hat sich durch treffliche entwicklungsgeschichtliche Arbeiten einen Namen gemacht. Sein Prosektor war der Privatdozent für Anatomie und Physiologie Carl Ludwig, der später berühmte Physiologe; dieser lebendige und reiche Geist gewann schon damals auf Fick den grössten Einfluss und auch Ludwig hatte die ungewöhnliche, der seinigen verwandten Begabung des Jünglings für die Mechanik erkannt und eine durch das ganze Leben währende Freundschaft mit ihm geschlossen. Im Jahre 1850 bezog er die Universität Berlin, wo er hauptsächlich klinische Studien betrieb, aber auch mit Traube, Du Bois-Reymond und Helmholtz in Be-

ziehungen trat, während er von Johannes Müller, der damals mit vergleichend anatomischen Studien beschäftigt war, keine besondere Anregung empfing. Nach Marburg zurückgekehrt erwarb er 1851 den medizinischen Doktorgrad mit einer bemerkenswerthen Dissertation „tractatus de errore optico" und trat bei seinem Bruder, dem Anatomen, als Prosektor ein; aber bald (1852) forderte ihn Ludwig, der als Professor der Anatomie und Physiologie nach Zürich berufen worden war, auf, zu ihm als Prosektor zu kommen. Ludwig war damals mit seinen ersten bahnbrechenden Arbeiten beschäftigt, welche die Vorgänge im Organismus auf physikalische Wirkungen zurückzuführen suchten; von ihm wurde er vorzüglich bestimmt, seine mathematischen und physikalischen Kenntnisse zur Erforschung der Lebensvorgänge anzuwenden und erhielt er die Richtung seiner wissenschaftlichen Forschung. Es erfolgte die Habilitation als Privatdozent in Zürich; als Ludwig an das Josefinum nach Wien gieng und Jacob Moleschott aus Heidelberg das von der Anatomie abgetrennte Ordinariat für Physiologie erhielt, bekam (1856) Fick den Titel eines ausserordentlichen Professors für anatomische und physiologische Hilfswissenschaften, und 1862 nach der Uebersiedlung Moleschott's nach Turin übertrug man dem 33 jährigen Fick, der sich durch mehrere ausgezeichnete Arbeiten als vielversprechender Physiologe erwiesen hatte, die Professur der Physiologie. Die 16 Jahre seiner Thätigkeit in Zürich waren eine schaffensfrohe Zeit, in der er mit einer Anzahl ausgezeichneter junger Naturforscher verbunden war und an die er sich stets mit Vorliebe erinnerte.

Nach dem frühen Tode von Albert v. Bezold erhielt Fick (1868) einen ehrenvollen Ruf nach Würzburg, wo er als ein äusserst geschätzter Lehrer und angesehener Forscher 31 Jahre lang segensreich wirkte; eine Anzahl von Schülern hat er dorten durch sein Beispiel zu wissenschaftlichem Schaffen angeregt. Im Jahre 1899 trat er mit vollendetem 70. Lebensjahre noch in vollster Kraft des Körpers und Geistes von seinem Lehramt zurück, da er die Anschauung hatte, dass eine Weiterführung desselben über diese Zeit hinaus nicht mehr erspriesslich sei und man jungen Kräften Platz machen müsse.

Seine Arbeiten zeichnen sich aus durch grosses Wissen und einen scharfen kritischen Verstand. Schon als Student veröffentlichte Fick (1850) seine von ihm gleich bei Beginn der Universitätsstudien in Angriff genommene wissenschaftliche Untersuchung: „statische Betrachtungen der Muskulatur des Oberschenkels" (mit einem Vorwort von C. Ludwig), in der er die mechanischen Verhältnisse der Hüftgelenksmuskeln analysirte, indem er für jeden Muskel des Oberschenkels die ihm äquivalente Resultante substituirte und die Drehungsmomente der in Betracht kommenden zwanzig Muskeln in Bezug auf drei durch den Hüftgelenksmittelpunkt gelegte Achsen bestimmte. Später hat er sich noch mehrmals mit Problemen der Mechanik des menschlichen Körpers beschäftigt: in einer Abhandlung über die Gelenke mit sattelförmigen Flächen (1854), dann in einer grundlegenden Darstellung der Muskelstatik und der Geometrie der Gelenke in seiner medizinischen Physik und in den Studien über die complizirten Bewegungen des menschlichen Augapfels durch seine sechs Muskeln, wobei er nach Ermittlung der Drehungsachsen und der Momente der Muskeln die Betheiligung der letzteren an der Ausführung bestimmter Bewegungen darthat sowie den Drehpunkt im Auge feststellte.

Zu seinen ersten Arbeiten gehören die über die Hydrodiffusion und Endosnose (1855), welche im Anschluss an die im Ludwig'schen Laboratorium zur Erklärung der Resorption und des Austauschs der Stoffe im Körper angestellten Versuche gemacht wurden. Er erfand dabei ein höchst sinnreiches Verfahren, um den Ablauf der Diffusion näher zu verfolgen, indem er in die diffundirende Flüssigkeit verschieden schwere Glaskugeln einsenkte, welche je nach ihrem Gewicht in verschiedenen Höhen schwammen, woraus er dann das specifische Gewicht der Lösung von Schicht zu Schicht erhielt. Er stellte dadurch sein Gesetz fest, dass die aus einer Schicht in eine andere in einem Zeitelemente übergehende Salzmenge dem Flächeninhalt und dem Concentrationsunterschied proportional ist.

Seine Kenntnisse in der Mechanik führten ihn naturgemäss zu dem Studium der einer mathematischen Behandlung am

zugänglichsten erscheinenden Vorgänge bei der Muskelzusammenziehung, denen seine zahlreichsten und wichtigsten Arbeiten gewidmet sind; er hat dadurch über das Wesen der Muskelcontraktion mehr als irgend ein anderer Aufklärung gebracht und sich ein ehrenvolles Andenken in der Geschichte der Wissenschaft gesichert. In einer Abhandlung (1860) über die Längenverhältnisse der Skelettmuskeln zeigte es sich durch Messungen, dass die ein Gelenk bewegenden Muskeln eine von der durchschnittlichen Beanspruchung abhängige Längenentwicklung aufweisen, indem eine Dickenzunahme eintritt, wenn die Kraft, mit der sie gespannt werden, häufig eine grosse ist, dagegen Längenzunahme, wenn häufig Spannungen durch grosse Wegstrecken hindurch ausgeübt werden. Durch seine Reizversuche an dem glatten Schliessmuskel der Muschel (1860) sowie durch seine Beiträge zur vergleichenden Physiologie der irritabeln Substanzen (1863) betrat er mit Glück das Gebiet der allgemeinen Physiologie: er fand, dass bei diesen Muskeln nicht die Geschwindigkeit der Aenderung der elektrischen Stromdichte für die Erregung maassgebend ist wie bei den quergestreiften Muskeln, sondern vielmehr die Dauer des Reizstroms und dass Induktionsströme wegen ihrer kurzen Dauer nur bei grosser Intensität wirksam sind. In den Untersuchungen über die Muskelarbeit (1867) gab er eine Analyse der mechanischen Leistung des tetanisirten Muskels; als die günstigste Arbeitsweise erwies sich die Muskelcontraktion mit zunehmender Entlastung, was auch bei dem Gebrauch unserer Muskeln eine wichtige Rolle spielt. Er prüfte die Abhängigkeit der Muskelarbeit von der Reizstärke und lieferte den experimentellen Beweis für die Giltigkeit des Satzes von der Erhaltung der Kraft bei der Muskelzusammenziehung.

Von der grössten Tragweite war die scharfe Unterscheidung der isometrischen und isotonischen Zuckung, wobei er einerseits bei verschiedener Spannung die Länge des Muskels und andererseits bei verschiedener Länge die Spannung desselben unverändert liess. — Trotz den grundlegenden Untersuchungen von Ed. Weber und Helmholtz war die Kenntniss

der von den Muskeln bei der Zusammenziehung jeweils entwickelten Spannungen doch noch sehr unvollkommen; Fick griff die Sache wieder auf und verfolgte die Abhängigkeit des Contraktionsverlaufes von der Spannung genauer, namentlich in seinem Buche: „Mechanische Arbeit und Wärmeentwicklung bei der Muskelarbeit“ (1882); der jeweilige Zustand des Muskels ist darnach nicht nur eine Funktion seiner Länge und der seit der Erregung verstrichenen Zeit, sondern auch eine Funktion der Spannungsänderung. Er prüfte auch die Verkürzung des Muskels bei der Wärmestarre, welcher Vorgang in manchen Stücken viele Aehnlichkeit mit der Contraktion besitzt. — Er vervollkommnete ausserdem die Methode zum Aufzeichnen der Muskelcontraktion, besonders durch sein Pendelmyographion; auch gab er zur Messung der von dem Muskel in längerer Zeit geleisteten Arbeit den Arbeitssammler an, der die Arbeit einer Reihe von Zuckungen aufspeichert. — Viel beschäftigte ihn die Frage nach der von Helmholtz zuerst nachgewiesenen Wärmeentwicklung bei der Muskelcontraktion, aus der er die Zersetzungsgrösse im arbeitenden Muskel zu entnehmen suchte. Er erfand dafür neue, sehr feine thermoelektrische Vorrichtungen, mit denen es ihm gelang auch die absolute beim Tetanus entwickelte Wärmemenge annähernd zu bestimmen. Es wurde die Wärmeentwicklung unter verschiedenen Einflüssen untersucht z. B. bei wechselnden Temperaturen des Muskels, wobei sich zeigte, dass bei höherer Temperatur des Muskels die Wärmebildung in ihm bei gleicher Zuckungshöhe eine grössere ist. Der ohne äusseren Nutzeffekt zuckende Muskel giebt, entsprechend dem Gesetz der Erhaltung der Energie, mehr Wärme nach aussen ab als der arbeitende Muskel. Besonders wichtig ist der Nachweis (1894), dass selbst der Stoffumsatz im tetanisirten Muskel von seiner Spannung abhängig ist; denn bei gehemmter Contraktion im isometrischen Zustand wächst die Wärmeentwicklung mit wachsender Reizstärke rascher als die Spannung, so dass also zur Erhaltung einer grösseren Spannung relativ mehr Kraft aufgewendet werden muss als zur Erhaltung einer geringeren Spannung.

Der Vergleich der gebildeten Wärme mit der geleisteten Arbeit stellt sich beim Muskel günstiger als bei guten Dampfmaschinen; während der Nutzeffekt der letzteren 5 bis höchstens 12 % beträgt, ist der des ersteren 20 bis 25 %. Fick sprach darauf hin, gestützt auf den zweiten Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie, den prinzipiell ungemein wichtigen Satz aus, dass die durch die Stoffzersetzungen im Muskel entstehende kinetische Energie nicht zuerst in Wärmebewegung umgewandelt wird und diese dann erst die Muskelcontraktion bedingt, sondern dass vielmehr die bei der Zersetzung frei werdende chemische Energie direkt in mechanische übergeht oder mit anderen Worten, dass der Muskel keine thermodynamische Maschine ist wie eine Dampfmaschine. Er wendet sich dabei auch gegen Engelmann's Erklärung des Contraktionsvorgangs als einer Quellung der anisotropen Substanz und gegen andere mögliche Erklärungsarten, weil sie im Widerspruch stehen mit dem zweiten Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie. —

Weiterhin wurde von Fick die Lehre von der Herz- und Blutbewegung durch viele bedeutsame Thatsachen bereichert. Er war der Erste, welcher die Grösse der Herzarbeit aus dem von ihm gemessenen Gewicht und der Höhe des bei jeder Systole gehobenen Blutes berechnete. Aus der Beobachtung, dass das in Zickzackabschnitte getheilte Froschherz noch ganz normale Zusammenziehungen macht, erschloss er die Fortpflanzung der Erregungsleitung und Contraktion von Muskelzelle zu Muskelzelle. Die Kritik der gebräuchlichen Quecksilbermanometer zur Aufzeichnung der Schwankungen des Blutdrucks, welche durch die Trägheit der zu bewegenden Masse mannigfache Fehler zeigen, führte ihn zur Erfindung anderer Wellenzeichner, besonders der nur in geringem Grade Eigenschwingungen zeigenden Membran-Manometer, welche jetzt in verschiedener Form zu wissenschaftlichen Zwecken fast ausschliesslich angewendet werden. Er beobachtete mit denselben die Erscheinung des Dikrotismus, dann die Blutdruckschwankungen an mehreren Arterien zu gleicher Zeit, sowie in der Aorta und in der Herzkammer, und zog wichtige Schlüsse

daraus. Er suchte ferner die damals nicht direkt darstellbaren periodischen Geschwindigkeitsänderungen im arteriellen Blutstrom oder die Geschwindigkeitskurve aus der Volumkurve des Arms abzuleiten; er brachte den Arm in ein cylindrisches mit Wasser gefülltes Gefäss und beobachtete an einem damit verbundenen Manometer Schwankungen der Wassersäule, hervorgerufen durch die Volumänderungen des Arms in Folge der wechselnden Füllung der Blutgefässe bei jedem Herzschlag. Aus dieser Volumkurve leitete er eine neue Kurve ab, deren Ordinaten angeben, um wie viel die arterielle Blutgeschwindigkeit jeweils grösser oder kleiner ist als die constante venöse. Auch benützte er die Unterschiede zwischen Druckkurve und Geschwindigkeitskurve zur Feststellung der Richtung des Ablaufs der Pulswellen, und that dar, dass in der Aorta bis zu den Capillaren nur ein sehr unbedeutendes Gefälle des Blutdrucks sich findet und dass letzterer in den Capillaren nur wenig abnimmt, dagegen am Anfang der Venen rasch sinkt. Die Volummessungen am Arm hat später Mosso weiter verfolgt und daraus seine berühmt gewordenen plethysmographischen Beobachtungen gestaltet; namentlich erregte die Vergrösserung des Armvolums beim Schlafe und die Verminderung bei der Hirnthätigkeit das grösste Aufsehen, führte jedoch nicht zu den Aufschlüssen, welche man im ersten Augenblick davon erwartet hatte.

Interessante Untersuchungen liegen von ihm vor über elektrische Nervenreizung (1864); im Anschlusse an die vorher erwähnten Funde beim Schliessmuskel der Muschel erkannte er, dass die Grösse der Zuckung nicht allein von der Dichtigkeitsschwankung in der Zeiteinheit abhängig ist, wie es das Gesetz von Du Bois-Reymond aussagt, sondern auch von der Zeit während der der Strom nach dem Schluss andauert, und bei der Oeffnung von der Zeit während der der Strom vorher den Nerven durchfloss; es ist demnach eine gewisse Zeit zur Bewegung der Nerventheilchen nöthig und er setzte als Grenzwerth die Zeit von 0.0015 Sekunden fest. Kurz dauernde elektrische Ströme müssen stärker sein, wenn sie den Nerven reizen sollen als solche von längerer Dauer. Er fand die ver-

schiedene Erregbarkeit funktionell verschiedener Nerven; ferner dass die Fasern des Rückenmarks direkt erregbar sind, was Manche geleugnet hatten.

Ueber die Physiologie des Sehens liegen von ihm wichtige Beobachtungen vor. Er war es, der zuerst, schon in seiner erwähnten Dissertation Tractatus de errore optico, die ungleiche Deutlichkeit vertikaler und horizontaler Linien erkannte und von einer verschiedenen Krümmung der Hornhautmeridiane ableitete; aus dieser seine feine Beobachtungsgabe darthuenden Erscheinung entwickelte sich namentlich durch Donders die für die Augenheilkunde so bedeutungsvolle Lehre vom Astigmatismus. — Indem er auf die Vorderfläche der Linse einer Camera obscura Oeltropfen brachte, wodurch äussere leuchtende Punkte oder Linien bei ungenauer Einstellung im Bilde doppelt und vielfach erscheinen, erklärte er das bis dahin räthselhafte Doppelt- und Mehrfachsehen mit e i n e m Auge oder die Diskontinuität der Zerstreuungsbilder durch Unregelmässigkeiten in den brechenden Medien des Auges. — Er gab (1888) ein brauchbares Instrument an, um den Druck im Auge des lebenden Menschen zu bestimmen, das Ophthalmo-Tonometer. — Eine Scheibe mit einem weissen und schwarzen Sektor giebt nach Fick bei rascher Drehung nicht eine mittlere Helligkeit, wie Helmholtz glaubte, sie erscheint vielmehr heller durch das Uebergewicht der intermittirenden Reize. — Sehr schön ist die Beobachtung, dass wenn man einen einzelnen farbigen Punkt in gewisser Entfernung nicht mehr als farbig erkennt, die Farbe wieder erscheint, sobald mehrere farbige Punkte zu gleicher Zeit dargeboten werden. — Seine Beiträge zum zeitlichen Verlauf der Netzhauterregung haben werthvolle Aufklärung gebracht. — Die Erklärung der Farbenempfindungen und die Theorie der Farbenblindheit haben ihn mehrmals zu Untersuchungen und Spekulationen angelockt; er war ein eifriger Verfechter der so einfachen Young'schen Farbentheorie und er konnte sich namentlich nicht mit der von Hering aufgestellten Anschauung von der Assimilation und Dissimilation befreunden.

Er stellte auch Betrachtungen über den Mechanismus der Bewegung und der Resonanz des Trommelfelles mit Hilfe des Phonautographen an.

In den experimentellen Beiträgen zur Physiologie des Tastsinns suchte er darzuthun, dass die Druck- und Temperatur-Empfindung von der Haut nur Modifikationen ein und derselben Sinnesempfindung sind, denn man vermag, wie er nachwies, nicht zu unterscheiden, ob eine leise Berührung einer Hautstelle erfolgt ist oder ob ein warmer Körper derselben genähert wird.

Den chemischen Vorgängen im Körper wendete Fick nur in einzelnen Fällen seine Aufmerksamkeit zu. So sind von ihm über die Wirkung der Verdauungsfermente, des Pepsins und des Labs einige Beobachtungen gemacht worden. Aber ein von ihm mit dem Chemiker Joh. Wislicenus (1865) angestellter Versuch über die Entstehung der Muskelkraft hat viel Aufsehen erregt und war von prinzipieller Bedeutung. Ich hatte, entgegen der Lehre Liebig's, nach der bei der Arbeit die eiweisshaltige Muskelsubstanz zerstört werden und die Kraft für erstere liefern soll, die Entdeckung gemacht, dass bei starker Muskelarbeit im Körper des Hundes und des Menschen nicht mehr Eiweiss zersetzt wird als bei möglichster Ruhe, wohl aber mehr Fett. Fick bezweifelte es, dass die wärmeliefernden stickstofffreien Stoffe sich nicht an der Arbeit betheiligen sollten und lud seinen Freund Wislicenus zu einem gemeinsamen, wohl ausgedachten Versuch hierüber ein. Sie bestiegen nüchtern das Faulhorn und bestimmten aus der Stickstoffausscheidung im Harn das während der Besteigung des hohen Berges in Zerfall gerathene Eiweiss; die Menge desselben war nun nach seiner Verbrennungswärme nicht im Stande die kinetische Energie zu liefern, um das Gewicht des Körpers auf die Höhe des Berges zu erheben, so dass also die stickstofffreien Stoffe sich bei der Arbeitsleistung betheiliget haben müssen. Man hätte dies wohl schon aus meinen Untersuchungen am hungernden arbeitenden Hunde entnehmen können; aber durch die schönen Bestimmungen und Darlegungen von

Fick und Wislicenus wurde doch dieser Satz zuerst bestimmt erwiesen und ausgesprochen. Später wurde durch Versuche in meinem Laboratorium strengstens dargethan, dass sowohl das Eiweiss als auch die stickstofffreien Stoffe bei ihrer Zersetzung im Körper die Kraft zur Arbeit liefern. Im Uebrigen würdigte Fick nicht gehörig die Errungenschaften in der Lehre vom allgemeinen Stoffwechsel und der Ernährung, dieses grossen und wichtigen Theils der Physiologie, wie auch so manche andere Physiologen, welche keine Erfahrungen in dieser Richtung gemacht haben. Seine Veröffentlichungen über das Pepton und seine Schicksale in der Blutbahn, über den Eiweissstoffwechsel, über die Bedeutung des Eiweisses und Fettes in der Nahrung etc. etc. stützen sich grösstentheils nicht auf eigene Arbeiten, sondern bringen nur gelegentliche Gedanken über diese Vorgänge.

Wir verdanken Fick auch eine Anzahl trefflicher Lehrbücher, die sich durch ungemein klare und fassliche Darstellung auszeichnen; besonders ist hier zu nennen die medizinische Physik, welche er (1856) in seinem 27. Lebensjahre schrieb und die erste einheitliche Darstellung der Lehren der Physik in ihrer Anwendung auf die Physiologie brachte, sowie das Lehrbuch der Anatomie und Physiologie der Sinnesorgane (1862).

Fick begnügte sich jedoch nicht mit rein physiologischen Aufgaben; seine Veranlagung und seine Kenntnisse in der Mathematik und Physik führten ihn zur Betrachtung allgemeiner Fragen der Mechanik und erkenntnisstheoretischer Probleme. Es gehören hierher seine Schriften: über die der Mechanik zu Grunde liegenden Anschauungen, über das Prinzip der Zerstreuung der Energie, der Versuch einer physischen Deutung der kritischen Geschwindigkeit in Weber's Gesetz, über den Druck im Innern von Flüssigkeiten, Ursache und Wirkung, die Naturkräfte in ihrer Wechselwirkung, das Grössengebiet der vier Rechnungsarten, das Weltall als Vorstellung, philosophischer Versuch über die Wahrscheinlichkeit, die stetige Raumerfüllung durch Masse.

In diesem Streben nahm er das lebhafteste Interesse an

allen Zweigen menschlichen Wissens. Er suchte nicht nur durch emsige Arbeit die Kenntnisse in der Naturwissenschaft zu fördern, er war auch bestrebt das Errungene anzuwenden zum Wohle der Menschheit in körperlicher und sittlicher Beziehung. Von wahrhaft idealer Gesinnung und von reinster Gesittung und Lauterkeit des Charakters suchte er seinen Idealen nachzukommen und Opfer für sie zu bringen; stets bekannte er offen seine Ueberzeugung und trat furchtlos ein für das, was er für wahr und gut hielt, auch wenn es den Anschauungen der Mehrheit widersprach.

Er betheiligte sich thatkräftig an den Fragen der Erziehung in den Schulen und an den Angelegenheiten des Volkswohles. Durch seine Vorliebe für die Naturwissenschaften und ihre grossen Erfolge war er überzeugt, dass diese jüngste Tochter menschlichen Wissens auch besonders geeignet sei den Geist auszubilden; er schloss sich daher mit Feuereifer der Bewegung an, welche den Realgymnasien mit naturwissenschaftlicher Vorbildung den Zutritt zu den Studien an der Universität, namentlich der Medizin, gewähren sollte. Er war der Meinung, die humanistischen Gymnasien bereiteten ihre Zöglinge nicht so weit vor, um die Naturwissenschaften und die Medizin auf der Universität gehörig zu erfassen. Ob dies die Abiturienten des Realgymnasiums thun und besser denken gelernt haben, das muss die Zeit lehren.

Fick war bekanntlich einer der heftigsten Gegner des Alkohols, der ihm kein Bedürfniss für den Menschen zu sein schien und in dem er wie so viele andere eine grosse Gefahr für das Volkswohl erblickte; er bekämpfte daher die unsinnigen Trinksitten in unserem Vaterlande und verpflichtete sich zu völliger Abstinenz.

Das was der edle Mann und bedeutende Gelehrte gesäet, wird noch über sein Leben hinaus reiche Früchte tragen.

Alexander Kowalewski.

(Die Daten zu diesem Nekrologe habe ich von Herrn Collegen Richard Hertwig erhalten.)

Alexander Kowalewski wurde am 7./19. November 1840 auf dem Gute Workowo (Bezirk Dünaburg) geboren. Den Elementarunterricht erhielt er in seinem Elternhause, 1856 besuchte er die Ingenieurschule, 1859 die Universität in Petersburg, wo er Naturwissenschaften studirte. Im Herbst 1860 setzte er seine Studien in Heidelberg fort, wo er bei Bunsen, Carius und Bronn arbeitete. Von Heidelberg ging er 1861 nach Tübingen, um hier Leydig, Mohl, Luschka und Quenstedt zu hören. 1862 nach Petersburg zurückgekehrt, bestand er sein erstes Examen. Die zwei folgenden Jahre verlebte er mit selbständigen zoologischen Arbeiten beschäftigt abermals im Ausland, zum Theil an den Küsten des Mittelmeers. 1865 erlangte er auf Grund seiner Arbeit über die Entwicklung des Amphioxus lanceolatus die Würde eines Magisters der Zoologie, zwei Jahre später auf Grund seiner Dissertation über die Entwicklung von Phoronis die Doktorwürde. Im Jahre 1866 zum Custos der zoologischen Sammlung und Privatdocenten an der Universität Petersburg ernannt las er hauptsächlich über vergleichende Anatomie; doch wurde er schon 1868 als ausserordentlicher Professor der Zoologie nach Kasan, ein Jahr später als ordentlicher Professor nach Kiew berufen. 1870 machte er behufs Untersuchungen über die Entwicklung der Brachiopoden und zum Zwecke von Sammlungen eine Reise an das rothe Meer und nach Algier. In den Jahren 1873—1887 war Kowalewski Professor der Zoologie in Odessa, von da ab bis zu seinem Lebensende an der Akademie in St. Petersburg, wo er am 22. November 1901 starb.

In Kowalewski's wissenschaftlicher Thätigkeit kann man zwei Perioden unterscheiden. In den ersten 20 Jahren beschäftigte er sich hauptsächlich mit Studien über vergleichende Entwicklungsgeschichte. Er untersuchte zuerst die Entwicklung des merkwürdigen Amphioxus und der Tunicaten, dann die

von Phoronis, Sagitta, Balanoglossus, den Brachiopoden, Insecten und Ringelwürmern, den Korallen und Mollusken. Abgesehen von vielen einzelnen wichtigen Ergebnissen haben diese Untersuchungen das bedeutungsvolle Gesammtresultat gefördert, dass die Keimblättertheorie und demgemäss die Unterscheidung von Entoderm, Ektoderm und Mesoderm, welche viele Zoologen und Embryologen auf die Wirbelthiere beschränkt wissen wollten, auch für die wirbellosen Thiere Geltung besitze. Abgesehen von Baer's berühmter Entwicklungsgeschichte des Hühnchens und von Haeckel's Gasträatheorie haben keine Arbeiten auf den Fortgang der vergleichenden Entwicklungsgeschichte einen so nachhaltigen Einfluss ausgeübt wie die Arbeiten Kowalewski's. Früher als die meisten anderen Zoologen bediente er sich dabei der Methode dünner Querschnitte. Es ist ein Zeugniss seiner aussergewöhnlichen Beobachtungsgabe, dass trotzdem die Schnittmethoden damals noch sehr mangelhaft waren, er mit ihnen ausgezeichnete Resultate zu erzielen wusste.

Von den genannten entwicklungsgeschichtlichen Untersuchungen erregte (1866—1867) das grösste Aufsehen nicht nur in den Kreisen der Zoologen, sondern bei allen, die sich für die damals in den Vordergrund gestellte Descendenztheorie interessirten, diejenigen welche die Entwicklung der Ascidien und des Amphioxus behandelten, indem sie zum ersten Male in überraschender Weise darthaten, dass unter allen wirbellosen Thieren die Tunicaten den Wirbelthieren am nächsten stehen. Kowalewski wies in ihnen nach, dass zwischen beiderlei in ihrer äusseren Erscheinungsweise so grundverschiedenen Thiergruppen eine ganz überraschende Uebereinstimmung in der Entwicklungsgeschichte besteht, und er machte bei Ausdehnung seiner Untersuchungen auf die niedersten Fische, die Haie, drei weitere fundamentale Entdeckungen: erstens dass sich bei den Ascidien in gleicher Weise wie beim Amphioxus das Nervensystem als Neuralrohr auf dem Wege der Faltung bildet und dieses Neuralrohr durch den Canalis neurentericus vorübergehend mit dem Darmrohr communicirt, zweitens dass auch die Ascidien ein axiales Skelet in der Chorda dorsalis

besitzen, welche im Gegensatz zu der herrschenden Anschauungsweise nicht aus dem Mesoderm, sondern aus dem Entoderm sich entwickelt, und drittens beim Amphioxus die Leibeshöhle durch Divertikelbildung vom Urdarm entsteht, wobei zugleich das Mesoderm oder mittlere Keimblatt als Abkömmling des Entoderms gebildet wird, ein Vorgang der von ihm in gleicher Weise für Sagitta und die Brachiopode Argiope bewiesen wurde.

Den genannten Untersuchungen über die Entwicklung aus dem Ei schloss Kowalewski weitere Arbeiten über die Knospungsvorgänge der Tunicaten an. Dabei ergab sich das unerwartete, inzwischen aber anderweitig bestätigte Resultat, dass die Organe sich nicht nach gleichem Princip wie bei der Entwicklung aus dem Ei anlegen, dass z. B. Organe, welche bei der Embryonalentwicklung vom Ektoderm gebildet werden, bei der Knospung vom Entoderm aus entstehen.

In den letzten Jahrzehnten seines Lebens wandte sich Kowalewski mehr physiologischen Fragen und der experimentellen Zoologie zu. Die Erfahrung, dass gewisse Farbstoffe wie Indigcarmin und carminsaures Ammoniak durch die Nieren ausgeschieden werden, benutzte er um mit Hilfe derselben die excretorischen Organe wirbelloser Thiere aufzufinden. Mittelst Einspritzung von Tournesol-Blau ermittelte er die Acidität und Alkalescenz der verschiedenen Darmabschnitte. Auch mit der Verbreitung lymphoider Organe bei Wirbellosen (Scorpionen, Muscidenlarven, Polychaeton) beschäftigte er sich eingehend. Er benutzte hierbei die von Mecznikow zuerst beobachtete Phagocytose der Leucocyten, indem er fein vertheilte Sepia oder Bakterien dem Thiere einspritzte.

Mit der Anatomie der Thiere hat sich Kowalewski nur wenig befasst. Immerhin hat er auch auf diesem Gebiet Vortreffliches geleistet. Besonders sind vier Arbeiten nach dieser Richtung zu erwähnen. Am rothen Meer entdeckte nnd anatomirte Kowalewski die Coeloplana Mecznikowi, welche von vielen Forschern als eine Mittelform zwischen Ctenophoren und Turbellarien gedeutet wird. Nachdem man lange Zeit vergeblich das Männchen der Gephyree Bonellia viridis gesucht

hatte, fand er es endlich als einen wenige Millimeter grossen, hochgradig rückgebildeten, in seiner Erscheinung an Turbellarien erinnernden Wurm im Oesophagus des bis zu $^1/_2$ Meter grossen Weibchens. Grundlegend waren ferner seine Untersuchungen über den Balanoglossus. In der Neuzeit endlich fand Kowalewski wichtige Uebergangsformen zwischen Hirudineen und Oligochaeten in der auf Fischen schmarotzenden Acanthobdella peledina, welche den hermaphroditen Geschlechtsapparat und die Saugnäpfe der Hirudineen besitzt, gleichzeitig aber auch die beiden Blutgefässe, die Borsten und die von Septen abgetheilte Leibeshöhle der Chaetopoden.

Die vielseitigen Verdienste, welche sich Kowalewski erworben hat, haben ihm rasche Anerkennung eingetragen. Nicht nur in seinem Vaterland, sondern auch ausserhalb Russlands erblickte man in ihm den hervorragendsten der russischen Zoologen. Er war Mitglied einer grossen Zahl wissenschaftlicher Akademien. Unserer Akademie gehörte er seit dem Jahre 1895 an.

Sitzungsberichte

der

königl. bayer. Akademie der Wissenschaften.

Mathematisch-physikalische Classe.

Sitzung vom 8. November 1902.

1. Herr Alfred Pringsheim bringt als Nachtrag zu dem in der Junisitzung d. Js. vorgelegten Aufsatze eine zweite Mittheilung „Zur Theorie der ganzen transcendenten Funktionen.“

2. Herr Joh. Rückert legt einen von dem Professor an dem hiesigen zahnärztlichen Institut Dr. Otto Walkhoff erstatteten Bericht über die Ergebnisse seiner mit Unterstützung der Akademie gemachten Studienreise zur Untersuchung der Struktur diluvialer menschlicher Skeletttheile vor und bespricht dieselben.

3. Herr August Rothpletz hält einen Vortrag: „Ueber die Möglichkeit den Gegensatz zwischen der Contraktions- und Expansions-Theorie aufzuheben.“

4. Herr W. C. Röntgen überreicht eine Arbeit des Herrn Dr. August Schmauss „Ueber die magnetische Drehung der Polarisationsebene des Lichtes in selektiv absorbirenden Medien.“

5. Herr K. A. v. Zittel legt vor:

a) den Bericht über eine von den Privatdozenten Dr. Max Blankenhorn und Dr. Ernst Stromer von Reichenbach mit Unterstützung der Akademie ausgeführten Reise nach Aegypten; Einleitung von Emil Stromer von Reichenbach;

b) Geologisch-stratigraphische Beobachtungen aus Aegypten von Dr. Max Blankenhorn.

Zur Theorie der ganzen transcendenten Functionen.

(Nachtrag zu dem Aufsatze auf S. 163—192 dieses Bandes.)

Von **Alfred Pringsheim.**

(*Eingelaufen 8. November.*)

Der in dem oben citirten Aufsatze mitgetheilte elementare Beweis für die Poincaré-Hadamard'schen Sätze über den Zusammenhang zwischen dem infinitären Verhalten gewisser ganzer transcendenter Functionen und demjenigen ihrer Coefficienten gestattet noch eine merkliche Vereinfachung. Herr Lüroth hat mich darauf aufmerksam gemacht, dass der auf die Voraussetzung $\sum C_\nu r^\nu \geq A \cdot e^{\gamma r}$ sich beziehende Theil des Hauptsatzes § 1 und zwar zunächst in der Form, welche a. a. O. in dem Zusatze unter (12^b) angegeben wird, ganz unmittelbar aus einer allgemeinen Bemerkung über Potenzreihen mit reellen Gliedern resultirt. Macht man nun aber von dieser Vereinfachung Gebrauch, so erscheint es angemessen, auch denjenigen Theil des Beweises, der sich auf die Voraussetzung $\sum c_\nu r^\nu \leq A \cdot e^{\gamma r}$ bezw. $< A \cdot e^{\gamma r^a}$ bezieht, entsprechend umzugestalten. Während nämlich bei der a. a. O. von mir benützten Methode die zur Behandlung der C_ν erforderlichen Hülfsmittel auch die entsprechenden Resultate für die c_ν lieferten und mir in Folge dessen eine vollkommene symmetrische Behandlung der beiden in Betracht kommenden Voraussetzungen am Platze schien, so hört diese Möglichkeit auf, wenn man bezüglich der C_ν den von Herrn Lüroth angegebenen kürzeren Weg einschlägt. Alsdann erweist es sich

aber als zweckmässiger, den Fall der c_ν mit Hülfe der schon von Herrn Hadamard[1]) benützten Schlussweise zu behandeln: man gewinnt dabei zugleich den Vortheil, von vornherein mit beliebigen complexen c_ν und der Voraussetzung $|\sum c_\nu x^\nu| \leqq A \cdot e^{\gamma^{a} \cdot |x|}$ operiren zu können.[2]) Für die C_ν ist dies ohnehin der Fall, da ja die Voraussetzung $|\sum C_\nu x^\nu \geqq A \cdot e^{\gamma^{a} \cdot |x|}$ allemal a fortiori die folgende: $\sum |C_\nu| \cdot r^\nu \geqq A \cdot e^{\gamma^{a} \cdot r}$ nach sich zieht.

Hiernach ergiebt sich nun für den Gesammtbeweis des a. a. O. p. 187 formulirten Haupt-Resultates die folgende ausserordentlich kurze und elementare Darstellung.

---

§ 1.

Hauptsatz A. *Ist für alle x, deren absoluter Betrag eine gewisse positive Zahl R übersteigt:*

$$\text{(A)} \qquad \left| \sum_0^\infty{}^\nu c_\nu x^\nu \right| \leqq A \cdot e^{\gamma \cdot |x|^a} \quad (A > 0,\ \gamma > 0,\ a > 0),$$

so hat man:

$$\text{(a)} \qquad \overline{\lim_{\nu=\infty}} \left(\frac{\nu}{e}\right)^{\frac{1}{a}} \cdot \sqrt[\nu]{|c_\nu|} = \overline{\lim_{\nu=\infty}} \sqrt[\nu]{(\nu!)^{\frac{1}{a}} \cdot |c_\nu|} \leqq (a\gamma)^{\frac{1}{a}}.$$

Beweis. Aus (A) folgt auf Grund des Cauchy'schen Coefficientensatzes, dass:

$$|c_\nu x^\nu| \leqq A \cdot e^{\gamma \cdot |x|^a} \quad (\nu = 0, 1, 2, \ldots;\ |x| > R).$$

Setzt man:

$$|x| = \left(\frac{\nu}{a\gamma}\right)^{\frac{1}{a}} > R, \quad \text{also: } \nu > a\gamma \cdot R^a,$$

so wird:

---

[1]) Journ. de Math., Série IV, T. 9 (1893), p. 183.

[2]) Man erspart auf diese Weise die auf p. 186 meines Aufsatzes angestellte Betrachtung.

$$|c_\nu| \cdot \left(\frac{\nu}{\alpha\gamma}\right)^{\frac{\nu}{\alpha}} \leqq A \cdot e^{\frac{\nu}{\alpha}},$$

anders geschrieben:

$$\left(\frac{\nu}{e}\right)^{\frac{\nu}{\alpha}} \cdot |c_\nu| \leqq A \cdot (\alpha\gamma)^{\frac{\nu}{\alpha}},$$

woraus durch Erhebung in die $\left(\frac{1}{\nu}\right)^{\text{te}}$ Potenz und Uebergang zur Grenze $\nu = \infty$ unmittelbar die erste Form der Behauptung (a) resultirt.

Um die zweite zu gewinnen, braucht man nur auf die letzte Ungleichung die auf p. 170 angegebene Relation:

$$n!\, e^{n-1} < n^{n+1}, \quad \text{also: } n! < \left(\frac{n}{e}\right)^n \cdot n\, e$$

anzuwenden.[1]) Alsdann ergiebt sich die Beziehung:

---

[1]) Man kann sich, wie Herr Lüroth bemerkt hat, auch der Ungleichung:

$$n! < \left(\frac{n}{e}\right)^n \cdot (2n+1)$$

bedienen, welche aus der Reihe für e^n in folgender Weise resultirt. Man hat:

$$e^n = \sum_0^{n-1}{}_\nu \frac{n^\nu}{\nu!} + \sum_n^{\infty}{}_\nu \frac{n^\nu}{\nu!}$$
$$= s_n + r_n.$$

Da $\frac{n}{\nu} > 1$ für $\nu < n$, so nehmen in s_n die Terme beständig zu, sodass also:

$$s_n < n \cdot \frac{n^{n-1}}{(n-1)!} = \frac{n^n}{(n-1)!}.$$

Andererseits hat man nach bekannter Schlussweise:

$$r_n < \frac{n^n}{n!} \sum_0^{\infty}{}_\nu \left(\frac{n}{n+1}\right)^\nu = \frac{n^n}{n!} \cdot (n+1),$$

und somit

$$e^n < \frac{n^n}{(n-1)!} + \frac{n^n}{n!}(n+1) = \frac{n^n}{n!}(2n+1),$$

also schliesslich:

$$n! < \left(\frac{n}{e}\right)^n \cdot (2n+1).$$

$$(\nu!)^{\frac{1}{\alpha}} \cdot |c_\nu| \leqq A \cdot (\nu e)^{\frac{1}{\alpha}} \cdot (\alpha\gamma)^{\frac{\nu}{\alpha}},$$

welche, in die $\left(\frac{1}{\nu}\right)^{\text{te}}$ Potenz erhoben, für $\nu = \infty$ die zweite Form der Behauptung (a) liefert.

---

§ 2.

Hauptsatz B. *Ist für unendlich viele x, unter denen auch beliebig grosse vorkommen:*

$$\text{(B)} \qquad \left|\sum_0^\infty{}^\nu C_\nu x^\nu\right| \geqq A \cdot e^{\gamma \cdot |x|^\alpha} \qquad (A > 0,\ \gamma > 0,\ \alpha > 0),$$

so hat man:

$$\text{(b)} \qquad \overline{\lim_{\nu=\infty}} \left(\frac{\nu}{e}\right)^{\frac{1}{\alpha}} \cdot \sqrt[\nu]{|C_\nu|} = \overline{\lim_{\nu=\infty}} \sqrt[\nu]{(\nu!)^{\frac{1}{\alpha}} \cdot |C_\nu|} \geqq (\alpha\gamma)^{\frac{1}{\alpha}}.$$

Zum Beweise dieses Satzes dienen die folgenden zwei Hülfssätze:

Hülfssatz I. *Bedeutet r eine positive Veränderliche, $\sum_0^\infty{}^\nu a_\nu r^\nu$ eine beständig convergirende Reihe mit reellen Coefficienten und ist für unendlich viele r, unter denen auch beliebig grosse vorkommen:*

$$\sum_0^\infty{}^\nu a_\nu r^\nu > 0,$$

so giebt es unendlich viele Indices m_ν, für welche:

$$a_{m_\nu} \geqq 0$$

ausfällt.

Beweis. Angenommen die Behauptung wäre unrichtig, so müsste von einer bestimmten Stelle ab, etwa für $\nu \geqq n$, beständig

$$a_\nu < 0$$

sein. Sodann könnte man R so fixiren, dass für $r > R$:

$$|a_n| \cdot r^n > \left| \sum_0^{n-1} {}^\nu a_\nu r^\nu \right|,$$

und daher, wegen $a_n r^n < 0$:

$$\sum_0^n {}^\nu a_\nu r^\nu < 0 \quad (\text{für } r > R).$$

Da überdies für jedes r

$$\sum_{n+1}^\infty {}^\nu a_\nu r^\nu < 0$$

wäre, so hätte man schliesslich:

$$\sum_0^\infty {}^\nu a_\nu r^\nu < 0 \quad \text{für } \textit{jedes } r > R,$$

was der Voraussetzung widerspricht. —

Hülfssatz II.[1]) *Ist* $\sum_0^\infty {}^\nu b_\nu^\varkappa$, *wo* $\varkappa > 0$, *eine convergente Reihe mit nicht-negativen Gliedern,* δ *eine beliebig anzunehmende positive Zahl, so hat man:*

(1) Für $\varkappa > 1$: $\sum_0^\infty {}^\nu b_\nu^\varkappa < \left(\sum_0^\infty {}^\nu b_\nu \right)^\varkappa$.

(2) Für $\varkappa < 1$: $\sum_0^\infty {}^\nu b_\nu^\varkappa < \left(\frac{1+\delta}{\delta} \right)^{1-\varkappa} \cdot \left(\sum_0^\infty {}^\nu (1+\delta)^{\left(\frac{1}{\varkappa}-1\right)\nu} \cdot b_\nu \right)^\varkappa$.

Beweis. Setzt man: $\sum_0^\infty {}^\nu b_\nu = B$, so besteht für jedes ν die Beziehung:

$$\frac{b_\nu}{B} < 1$$

und daher auch, falls $\varkappa > 1$:

$$\left(\frac{b_\nu}{B} \right)^{\varkappa - 1} < 1,$$

also:

---

[1]) Es ist dies der hier ausschliesslich in Betracht kommende Theil des auf p. 179 von mir bewiesenen Hülfssatzes. Der hier gegebene, etwas kürzere Beweis rührt in der Hauptsache von Herrn Lüroth her.

$$\left(\frac{b_\nu}{B}\right)^\varkappa < \frac{b_\nu}{B}.$$

Substituirt man hier $\nu = 0, 1, 2, \ldots$ in inf., so folgt durch Summation:

$$\frac{1}{B^\varkappa} \cdot \sum_0^\infty {}^\nu\, b_\nu^\varkappa < \frac{1}{B} \cdot \sum_0^\infty {}^\nu\, b_\nu = 1,$$

also in der That, wie unter (1) behauptet:

$$\sum_0^\infty {}^\nu\, b_\nu^\varkappa < \left(\sum_0^\infty {}^\nu\, b_\nu\right)^\varkappa \quad (\varkappa > 1).$$

Um die Richtigkeit von (2) zu beweisen, werde gesetzt:

$$\sum_0^\infty {}^\nu\, a_\nu = A, \quad \sum_0^\infty {}^\nu\, a_\nu\, c_\nu = S,$$

wobei $\sum a_\nu$, $\sum a_\nu\, c_\nu$ irgend zwei convergente Reihen mit nichtnegativen Gliedern bedeuten sollen. Ist sodann für $\varkappa < 1$ auch $\sum a_\nu\, c_\nu^\varkappa$ convergent, so besteht die Identität:

$$\sum_0^\infty {}^\nu\, a_\nu\, c_\nu^\varkappa = \left(\frac{S}{A}\right)^\varkappa \cdot \sum_0^\infty {}^\nu\, a_\nu \cdot \left(\frac{A}{S} \cdot c_\nu\right)^\varkappa.$$

Nun ist aber[1]) für $\varkappa < 1$:

$$\left(\frac{A}{S} \cdot c_\nu\right)^\varkappa < 1 + \varkappa\left(\frac{A}{S} \cdot c_\nu - 1\right),$$

woraus durch Multiplication mit a_ν, Substitution von $\nu = 0, 1, 2, \ldots$ in inf. und Summation sich ergiebt:

---

[1]) Die betreffende, für jedes $a > 0$, $\varkappa < 1$ geltende Ungleichung, nämlich:

$$a^\varkappa < 1 + \varkappa\,(a - 1),$$

geht aus der auf p. 176 für $\varkappa > 1$ abgeleiteten Ungl. (29):

$$A^\varkappa > 1 + \varkappa\,(A - 1)$$

ohne weiteres hervor, wenn man $A = a^{\frac{1}{\varkappa}}$ setzt und schliesslich $\frac{1}{\varkappa}$ statt $\varkappa$ schreibt.

$$\sum_0^\infty{}^\nu a_\nu \cdot \left(\frac{A}{S} \cdot c_\nu\right)^\varkappa < \sum_0^\infty{}^\nu a_\nu + \varkappa\left(\frac{A}{S} \cdot \sum_0^\infty{}^\nu a_\nu c_\nu - \sum_0^\infty{}^\nu a_\nu\right) = \sum_0^\infty{}^\nu a_\nu.$$

Mit Benützung dieser Ungleichung liefert die obige Identität die Beziehung:

$$\sum_0^\infty{}^\nu a_\nu c_\nu^\varkappa < \left(\frac{S}{A}\right)^\varkappa \cdot \sum_0^\infty{}^\nu a_\nu = \left(\sum_0^\infty{}^\nu a_\nu\right)^{1-\varkappa} \cdot \left(\sum_0^\infty{}^\nu a_\nu c_\nu\right)^\varkappa.$$

Setzt man noch:

$$a_\nu = \left(\frac{1}{1+\delta}\right)^\nu, \quad a_\nu c_\nu^\varkappa = b_\nu^\varkappa,$$

also:

$$\sum_0^\infty{}^\nu a_\nu = \frac{1+\delta}{\delta}, \quad c_\nu = a_\nu^{-\frac{1}{\varkappa}} \cdot b_\nu = (1+\delta)^{\frac{\nu}{\varkappa}} \cdot b_\nu,$$

so folgt, wie unter (2) behauptet:

$$\sum_0^\infty{}^\nu b_\nu^\varkappa < \left(\frac{1+\delta}{\delta}\right)^{1-\varkappa} \cdot \left(\sum_0^\infty{}^\nu (1+\delta)^{\left(\frac{1}{\varkappa}-1\right)\nu} \cdot b_\nu\right)^\varkappa \quad (\varkappa < 1). -$$

Beweis des Hauptsatzes B. Es werde zunächst $a = 1$ angenommen. Setzt man sodann $|x| = r$, so resultirt aus der Voraussetzung (B) a fortiori die folgende:

$$\sum_0^\infty{}^\nu |C_\nu| r^\nu \geqq A \cdot e^{\gamma r} = A \cdot \sum_0^\infty{}^\nu \frac{\gamma^\nu r^\nu}{\nu!},$$

sodass also für unendlich viele r, unter denen auch beliebig grosse, die Beziehung besteht:

$$\sum_0^\infty{}^\nu \frac{1}{\nu!}(\nu! |C_\nu| - A\gamma^\nu) \cdot r^\nu \geqq 0.$$

Man hat somit nach Hülfssatz I für unendlich viele m_ν:

$$m_\nu! |C_{m_\nu}| \geqq A \cdot \gamma^{m_\nu}$$

und wegen:

$$\left(\frac{m_\nu}{e}\right)^{m_\nu} > \frac{1}{m_\nu e} \cdot m_\nu!,$$

zugleich auch:

$$\left(\frac{m_\nu}{e}\right)^{m_\nu} \cdot |C_{m_\nu}| > A \cdot \frac{1}{m_\nu e} \cdot \gamma^{m_\nu}.$$

Aus den beiden gefundenen Ungleichungen ergiebt sich sodann:

$$\text{(b')} \qquad \overline{\lim_{\nu=\infty}} \frac{\nu}{e} \cdot \sqrt[\nu]{|C_\nu|} = \overline{\lim_{\nu=\infty}} \sqrt[\nu]{\nu! \, |C_\nu|} \geqq \gamma,$$

eine Beziehung, welche mit der unter (b) behaupteten für $\alpha = 1$ zusammenfällt.

Ist jetzt α von 1 verschieden, so bringe man die aus der Voraussetzung (B) resultirende Beziehung:

$$\sum_0^\infty {}^\nu \, |C_\nu x^\nu| \geqq e^{\gamma \cdot |x|^\alpha}$$

durch die Substitution:

$$|x| = r^{\frac{1}{\alpha}}$$

auf die Form:

$$\text{(C)} \qquad \sum_0^\infty {}^\nu \, |C_\nu| \cdot r^{\frac{\nu}{\alpha}} \equiv \sum_0^\infty {}^\nu \, (|C_\nu|^\alpha \cdot r^\nu)^{\frac{1}{\alpha}} \geqq A \cdot e^{\gamma \cdot r}.$$

Im Falle $\alpha < 1$ hat man nun nach Ungl. (1) des Hülfssatzes II (für $\varkappa = \frac{1}{\alpha}$, $b_\nu = |C_\nu|^\alpha \cdot r^\nu$):

$$\sum_0^\infty {}^\nu \, (|C_\nu|^\alpha \cdot r^\nu)^{\frac{1}{\alpha}} < \left(\sum_0^\infty {}^\nu \, |C_\nu|^\alpha \cdot r^\nu\right)^{\frac{1}{\alpha}}$$

also, wenn man diese Ungleichung in die α^{te} Potenz erhebt, mit Berücksichtigung von Ungl. (C):

$$\sum_0^\infty {}^\nu \, |C_\nu|^\alpha \cdot r^\nu > A^\alpha \cdot e^{\alpha \gamma r},$$

sodass sich mit Hülfe von (b') unmittelbar ergiebt:

$$\text{(b}_1\text{)} \qquad \overline{\lim_{\nu=\infty}} \frac{\nu}{e} \cdot \sqrt[\nu]{|C_\nu|^\alpha} = \overline{\lim_{\nu=\infty}} \sqrt[\nu]{\nu! \, |C_\nu|^\alpha} \geqq \alpha \gamma \quad (\alpha < 1).$$

Im Falle $a > 1$ hat man analog nach Ungl. (2) des Hülfssatzes II:

$$\sum_0^\infty{}^\nu (|C_\nu|^a \cdot r^\nu)^{\frac{1}{a}} < \left(\frac{1+\delta}{\delta}\right)^{1-\frac{1}{a}} \cdot \left(\sum_0^\infty{}^\nu (1+\delta)^{(a-1)\nu} C_\nu^a \cdot r^\nu\right)^{\frac{1}{a}},$$

folglich, wenn man diese Ungleichung in die a^{te} Potenz erhebt, mit Berücksichtigung von Ungl (C), zunächst:

$$\sum_0^\infty{}^\nu (1+\delta)^{(a-1)\nu} \cdot |C_\nu|^a \cdot r^\nu > \left(\frac{\delta}{1+\delta}\right)^{a-1} \cdot \left(\sum_0^\infty{}^\nu (|C_\nu|^a \cdot r^\nu)^{\frac{1}{a}}\right)^a$$

$$\geqq \left(\frac{\delta}{1+\delta}\right)^{a-1} A^a \cdot e^{a\gamma r}$$

und, wenn man noch r durch $(1+\delta)^{1-a} \cdot r$ ersetzt:

$$\sum_0^\infty{}^\nu |C_\nu|^a \cdot r^\nu > \left(\frac{\delta}{1+\delta}\right)^{a-1} \cdot A^a \cdot e^{a\gamma(1+\delta)^{1-a} \cdot r}.$$

Hieraus würde sich mit Hülfe von (b′) zunächst ergeben:

$$\overline{\lim_{\nu=\infty}} \frac{\nu}{e} \cdot \sqrt[\nu]{|C_\nu|^a} = \overline{\lim_{\nu=\infty}} \sqrt[\nu]{\nu!\,|C_\nu|^a} \geqq (1+\delta)^{1-a} \cdot a\gamma,$$

und da $\delta > 0$ unbegrenzt verkleinert werden darf, schliesslich:

$$(b_2) \qquad \overline{\lim_{\nu=\infty}} \frac{\nu}{e} \cdot \sqrt[\nu]{|C_\nu|^a} = \overline{\lim_{\nu=\infty}} \sqrt[\nu]{\nu!\,|C_\nu|^a} \geqq a\gamma \quad (a > 1).$$

Durch Erhebung der Relationen (b_1), (b_2) in die $\left(\frac{1}{a}\right)^{\text{te}}$ Potenz und Zusammenfassung mit Ungl. (b′) findet man also, wie behauptet:

$$\overline{\lim_{\nu=\infty}} \left(\frac{\nu}{e}\right)^{\frac{1}{a}} \cdot \sqrt[\nu]{|C_\nu|} = \overline{\lim_{\nu=\infty}} \sqrt[\nu]{(\nu!)^{\frac{1}{a}} \cdot |C_\nu|} \geqq (a\gamma)^{\frac{1}{a}}$$

für j e d e s positive a.

Die in den Hauptsätzen (A) und (B) enthaltenen Resultate stimmen genau mit den früher auf p. 187 angegebenen

übereín. Daraus folgen dann die auf pp. 188, 189 zusammengestellten umkehrbaren Sätze mit Hülfe der nämlichen Schlüsse, welche a. a. O. zum Beweise der analogen Sätze von §§ 4 und 5 angewendet wurden.

Die diluvialen menschlichen Knochenreste in Belgien und Bonn in ihrer structurellen Anordnung und Bedeutung für die Anthropologie.

(Vorläufige Mittheilung.)

Von **Otto Walkhoff.**

(Eingelaufen 18. November.)

Eine im letzten Jahre von mir mit Beihülfe der Kgl. Bayerischen Akademie der Wissenschaften ausgeführte Untersuchung der in Bonn, Lüttich und Brüssel befindlichen menschlichen Reste aus der Diluvialzeit erstreckte sich auf sämmtliche Knochen der aus der Chelléen- und Mousterien-Periode stammenden Funde. Das in den Belgischen Museen noch lagernde, ungeheure Material von menschlichen Knochenresten aus der Magdalénien-Periode und dem Neolithicum konnte von mir nur in Bezug auf Kiefer berücksichtigt werden. Meine Arbeit wurde theils als Nachprüfung der bisher beschriebenen äusseren Formen der Objecte, hauptsächlich jedoch mit Rücksicht auf die zu erwartenden Structurbilder nach der von mir in die Anthropologie eingeführten Untersuchungsmethode ganzer Knochen mittelst Röntgenstrahlen unternommen.

Auf Grund der Röntgenaufnahmen kann der in Bonn befindliche Neanderthal-Mensch nicht mehr als pathologisches Individuum angesehen werden, wie es Virchow geschildert hat. Die deutsche Anthropologie hielt seit jener

Untersuchung Virchows ziemlich allgemein daran fest. Die Aufnahmen sämmtlicher Knochen ergaben jedoch jetzt als einzige pathologische Erscheinung den schon bekannten Bruch einer Ulna. Das Schädeldach zeigt keine structurelle Veränderung durch Atrophie oder „Gicht der Alten", wie Virchow annahm. Dieser Neanderthal-Mensch erlebte auch kein hohes Greisenalter, wie dieser Autor erklärte, sondern war bei seinem Tode höchstens im besten Mannesalter, denn die Nahtlinien der Epiphysengrenze an sämmtlichen Extremitäten-Knochen sind noch nicht einmal vollständig verschwunden! Diese Nahtlinien sind der unzweifelhafte Ausdruck des Ueberganges vom jugendlichen zum fertigen Knochen und beweisen, dass jener Neanderthaler keinenfalls das Alter von 30 Jahren überschritten hat! Nirgends ist ein malum senile, welches die eigenartigen Formen erklären sollte, durch die Röntgenaufnahmen zu constatiren. Die genaue Feststellung der Grösse der Hirnhöhlen gelang bei dem diluvialen Schädel vollkommen ebenso des Verhaltens der Supraorbitalbögen und der Nähte. Die wohlerhaltenen Femura des Neanderthal-Menschen zeigen eine Ausbildung der sämmtlichen Trajectorien von einer Mächtigkeit und Eigenart, wie sie beim heutigen Menschen meines Wissens nicht bekannt sind. Die Trajectorien deuten auf eine sehr starke functionelle Beanspruchung, welche von derjenigen des recenten Menschen in manchen Punkten abweicht. Ein Ward'sches Dreieck ist nicht vorhanden, dagegen strahlen vom inneren Halsschaftwinkel im Verlauf einer ganzen Biegung sehr starke und zahlreiche Knochenbälkchen in den Trochanter major und die Fossa trochanterica. Die wiederholt aufgeworfene Frage des aufrechten Ganges beim diluvialen Menschen ist durch die Untersuchung entschieden bejahend zu beantworten. Die Structur auch des heutigen menschlichen Femurs und der Tibia weicht in Folge der verschiedenartigen Function und statischen Belastung von derjenigen der Antropomorphen principiell ab. Während die Röntgenaufnahme an dem Kniegelenksende des menschlichen Femurs nur starke Trajectorien ergiebt,

welche parallel der Längsachse angeordnet sind, verlaufen die Knochenbalkenzüge bei den Anthropomorphen vom äusseren oder inneren Condylus nicht nur in dieser Richtung, sondern auch in concaven Bogen zahlreich zur entgegengesetzten Seite. Die starke Entwickelung je eines horizontalen Trajectoriums, welches von der Fossa poplitaea zu der Tuberositas condyl. ext. und int. verläuft, fehlt den Anthropomorphen nahezu vollständig. Die Structur des unteren Endes des heutigen menschlichen Femurs zeigt eine durchaus einseitige Belastung durch den aufrechten Gang. Bei den Anthropomorphen tritt die Vielseitigkeit der functionellen Beanspruchung des unteren Femurendes deutlich zu Tage. Beim Neanderthal-Menschen finden sich Anklänge der Structur an letztere: Es überwiegt jedoch weitaus das Trajectorium der statischen Belastung. Auch der vorhandene Rest des steilen Beckens zeigt besondere Structureigenthümlichkeiten, welche noch vergleichend bearbeitet werden müssen.

Der Spy-Fund in Lüttich erweist sich als ein höchst werthvolles Gegenstück zum Neanderthal-Menschen. Nicht nur die äusseren Formen schliessen sich dem letzteren an, sondern die Structur der einzelnen Knochen wiederholt sich in derselben Anordnung und mit denselben Abweichungen gegenüber dem heutigen Menschen. Ganz besonders trifft dieses für die Femura zu. Die Tibia scheint die Annahme von Fraipont zu bestätigen, dass der damalige Mensch mit gebogenen Knieen aufrecht ging. Die Schädel der Spy-Menschen folgen jedenfalls in Form und Structur dem Neanderthaler.

Die gewaltige Ausdehnung der Stirnhöhlen war durch die Röntgenaufnahme gut zu constatiren. Höchst wichtig sind die bei dem Spy-Funde erhaltenen Kieferreste. Diese Kiefer waren ganz gewaltige Kauwerkzeuge und zeigen wie die Zähne entschieden eine Reihe pithekoider Formen. Ich hebe den Ansatz des genioglossus in einer Grube, den Mangel eines Kinnes, die theilweise Grössenzunahme der Molaren nach hinten, die Grösse des Zahnbogens durch eine mächtige Zahnentwickelung überhaupt, den Kiefer- und Zahnprognathismus

und die Rückwärtskrümmung der Schneidezahnwurzeln hervor. Dennoch sind auch sämmtliche belgischen Reste unverkennbar menschlich. Die enorme Kaumuskulalur des diluvialen Menschen lässt sich theils durch die grossen Insertionsstellen und Leistenbildungen theils durch die Wiedergabe der Trajectorien mittelst Röntgenstrahlen nachweisen. Durch den nachweisbaren Rückgang der Kaufunction und der damit verbundenen Reduction der Zähne und Kiefer an Grösse beim späteren Menschen ist meines Erachtens auch ein Einfluss auf die Umgestaltung der Schädelkapsel anzunehmen. Erst die veränderte Stärke der Kaumuskulatur ermöglichte die Umgestaltung der vorderen Schädelkapsel. Aus der fliehenden Stirn und der starken postorbitalen Einschnürung der Schädelkapsel des Diluvial-Menschen hervorgehend, konnte bei der immer geringer werdenden Thätigkeit des m. temporalis der vordere Theil der Schädelkapsel durch das gleichzeitig sich stärker entwickelnde Gehirn sich erhöhen. In Anbetracht der schon ziemlich grossen Capacität der diluvialen Hirnkapsel und der später auftretenden Veränderung der Occipitalpartie ist die Annahme einer Umformung der Hirnkapsel durch Umlagerung und Umgestaltung der einzelnen Hirntheile in Folge der zurückgehenden Kaumuskulatur wohl mindestens ebenso zu berücksichtigen, wie die Vergrösserung der Frontallappen des Grosshirns, welche bisher ziemlich allgemein als einziges Moment für die Entwickelung der hohen Stirn angesehen wird.

Dass seit der Diluvialzeit eine Reduction der Kiefer und alsdann der Zähne an Grösse beim Menschen eintrat, ist nach den sich immer mehrenden Funden unzweifelhaft. Die belgischen diluvialen Kiefer (neben den Spykiefern ist besonders der Kiefer von la Naulette als durchaus normal zu bezeichnen) sind hervorragende Zeugen für jene Ansicht. Der ursprüngliche Kiefer- und Zahnprognathismus, welcher durch die Spykiefer und den berühmten Kiefer von la Naulette unzweifelhaft bewiesen wird, und worauf schon der Schipkakiefer und die Funde von Krapina hindeuteten, ging allmählig mit

dem verminderten Gebrauch in eine Orthognathie über. Für die diluvialen Kieferfunde sind eine Reihe von ganz bestimmten Eigenschaften festgestellt, welche heutigen Schädeln durchaus fehlen. Wir können deshalb von einem diluvialen Typus menschlicher Kiefer sprechen. Das jüngste Diluvium zeitigte aber schon Formen dieser Organe, welche Uebergangsformen zum Neolithicum sind. Die belgischen, mährischen und kroatischen Funde, welche eine ganze Anzahl von Kiefern und Zähnen lieferten, ferner die neolithischen Schädel, die Kiefer der heutigen inferioren Rassen und endlich die Kauwerkzeuge der civilisirten Völker bilden eine ununterbrochene Reihe von äusseren Formen, welche mit der allmählig veränderten Function der Kiefer und Zähne sich äusserlich und innerlich veränderten. Durch den Nachweis dieser neuen functionellen Gestaltung auf Grund der Uebergangsformen kann wenigstens für diese Organe festgestellt werden, dass der Mensch seit der Diluvialzeit sich in seiner Gestalt bedeutend verändert hat, was bisher von den meisten Anthropologen geleugnet wurde.

Meine Theorie über die Entstehung des Kinnes beim Menschen durch die vermehrte Thätigkeit der Sprachmuskeln bei gleichzeitiger Reduction des Gebisses an Grösse in der Sagittalebene wird durch die belgischen Funde sehr gestützt. Die Reduction betraf besonders die Schneidezähne.

Der Annahme von King und Schwalbe, dass der diluviale Mensch wohl eine besondere Art oder gar eine besondere Gattung gewesen sei, kann ich in Folge der schon jetzt für die Kauwerkzeuge lückenlos nachweisbaren Uebergangsformen, welche sich sehr wohl durch die Entwickelungsmechanik erklären lassen, nicht zuneigen. Unter Berücksichtigung der letzteren erscheint der diluviale Mensch als Ahne des heutigen, dessen Knochenformen durch eine ganz allmählig veränderte Function der Organe auch eine allmählig veränderte Gestalt erhielten. Dann lässt sich das sporadische Auftreten einzelner diluvialer Merkmale bei den Knochen der Zwischenzeiten oder Anklänge der ersteren bei

den heutigen Rassen leichter durch Vererbung erklären, als durch Annahme eines besonderen genus für jene Diluvialfunde. Diese sind nach der Untersuchung keinenfalls pathologische Excessbildungen, sondern der Ausdruck der damaligen normalen Formen des menschlichen Geschlechtes.

Ueber die Möglichkeit den Gegensatz zwischen der Contractions- und Expansionstheorie aufzuheben.

Von **A. Rothpletz.**

(Eingelaufen 18. November)

Diese beiden Theorien scheinen sich gegenseitig auszuschliessen und die Anhänger der einen sind gewöhnlich auch Gegner der anderen. Gegenwärtig jedoch gibt es nur wenige Anhänger der Expansionstheorie und um so mehr Gegner oder doch Ungläubige. Das hat seinen Grund darin, dass die Entstehung der Ketten- oder Faltengebirge im Vordergrund des allgemeinen Interesses steht und dass für sie die Contractionstheorie entschieden die einfachste und am leichtesten verständliche Erklärung liefert. Welcher vorsichtige Beobachter kann sich der Ueberzeugung verschliessen, dass Faltung und Ueberschiebung — die charakteristischen tektonischen Formen der Kettengebirge — mit Zusammenschub der festen Erdrinde verknüpft sein und die vielen im Laufe der geologischen Perioden entstandenen Gebirge eine erhebliche Verkürzung oder Verkleinernng dieser Rinde hervorgebracht haben müssen? Wie aber könnte dies möglich sein, wenn das Erdinnere sein Volumen nicht verringerte oder gar vergrösserte? Und wie vortrefflich stimmt diese Forderung mit jener anderen überein, dass die Erde durch Ausstrahlung von Wärme in das Weltall sich langsam abkühlt, erstarrt und dabei sich zusammenzieht!

Nimmt man jedoch die vulkanischen Erscheinungen zum Ausgangspunkt, dann treten diese Forderungen leicht in den Hintergrund. Durch die feste und dicke Erdkruste dringen

von unten herauf in cylinder- oder spaltenförmigen Kaminen überheisse und flüssige Schmelzmassen, um entweder an der Oberfläche überzufliessen und sich zu weiten Decken auszubreiten oder um zu zerspritzen und in die Luft geschleudert zu werden, aus der sie als vulkanische Tuffe wieder niederfallen. Oder aber es dringen gewaltige plutonische Massen von unten in die Erdrinde ein, ohne bis zu ihrer Oberfläche heraufzusteigen, aber sie verdrängen ausgedehnte Theile derselben und krystallisiren in den eroberten Gebieten zu granitischen Gesteinsmassen aus. Zugleich pressen sie sich in die bereits erhärteten Gesteinsschichten ihrer Umgebung hinein in Form viel verzweigter Adern, Gänge und Apophysen, oder sie imprägniren diese Schichten förmlich mit ihren Bestandtheilen von Feldspath, Quarz etc. Ausserdem sind Erdbeben und locale Hebungen mit den vulkanischen Eruptionen häufig verknüpft und so scheint denn alles dies darauf hinzuweisen, dass in grösseren Tiefen eine Kraft thätig ist, welche die Massen ihrer eigenen Schwere und der darauflastenden Erdkruste zum Trotz zwingt, diese zu durchbrechen oder zu heben. Solche Wirkungen stehen so wenig mit einer Contraction des Erdkernes im Einklang, dass ausschliessliche Betrachtung vulkanischer Vorgänge wohl niemals zur Contractionstheorie geführt hätte. Was sie zur Erklärung fordert, ist nicht Contraction, sondern Expansion des Erdinneren. Aber wie soll diese zu Stande kommen, da doch die Erde Wärme abgibt, sich also abkühlen muss? Ausgehend von der längst bekannten Thatsache, dass einige Stoffe, wie das Wasser und Wismuth, beim Uebergang von dem flüssigen in den festen Zustand ein grösseres Volumen einnehmen, so wie von einigen allerdings nicht ganz einwandfreien Experimenten mit geschmolzenen Erzen hat man die Möglichkeit in Erwägung gezogen, dass auch die anderen Stoffe im Innern der Erde, wo sie ungeheurem Druck und sehr hohen Temperaturen ausgesetzt sind, sich vielleicht, entweder beim Uebergang in den festen Zustand oder überhaupt bei Verminderung der Temperatur, ausdehnen könnten. Mit dieser experimentell allerdings auf ihre Richtigkeit nicht controllir-

baren Annahme hätte man eine Expansionskraft zur Verfügung, die ohne weiteres alle vulkanischen Erscheinungen aufs beste erklärte. Denn wenn das Erdinnere sich ausdehnt, wird die Erdkruste zu eng; sie wird also auseinander gezogen, Risse und klaffende Spalten müssen entstehen, auf denen wie durch Sicherheitsventile die überhitzten Massen aus der Tiefe aufsteigen, in die Kruste in Form von granitischen Stöcken und Lagergängen eindringen oder dieselbe durchbrechen und auf der Aussenseite Vulkane aufbauen.

Die Befriedigung, welche dieses Ergebniss gewährt, ist aber von kurzer Dauer, sobald wir uns wieder den Kettengebirgen zuwenden, bei denen nicht Ausdehnung sondern Zusammenschub erklärt sein will. Versuche sind gemacht worden, auch diesen als eine Folgewirkung der Expansion aufzufassen, aber niemand wird sich verhehlen können, dass diese Versuche auf schwachen Füssen stehen, und jedenfalls lange nicht so einleuchtend und überzeugend sind wie die Erklärungen durch die Contractionstheorie.

Gegenüber solchem Misserfolg könnte nur theoretischer Fanatismus seinen Trost darin finden, dass auch umgekehrt die dort siegreich gebliebene Contractionstheorie hier an der Erklärung der vulkanischen Erscheinungen Schiffbruch leiden muss. Aber selbst diesen hat man von der anderen Seite in Abrede zu stellen versucht und zu Gunsten der Contractionstheorie die Meinung vertreten, dass die in Folge Schwindens des Erdkernes zusammenbrechende und einsinkende Erdkruste auf die im geschmolzenen Zustande befindlichen Massen des Kernes einen solchen Druck ausüben werde, dass diese in wogende Bewegung kommen und an solchen Stellen, wo die Erdkruste sich noch selber trägt, von unten an sie heranbranden müssen und dabei in beim Einbruch der Rinde entstandene Spalten heraufgepresst werden. Also im Grunde soll die Gewalt der einsinkenden Rindentheile selbst es sein, welche die geschmolzenen Massen aus der Tiefe emportreibt.

Was bisher zur Begründung solcher Annahme vorgebracht wurde, ist weit entfernt von einer exacten und überzeugenden

Beweisführung und es mögen hier nur vier Bedenken dagegen geltend gemacht werden.

1. Man hat die Vorstellung des vermutheten Vorganges durch schematische Bilder zu unterstützen versucht, die aber wie z. B. fig. 127 in dem sonst so vorzüglichen Traité de Géologie von de Lapparant soweit von den thatsächlichen Verhältnissen abweichen, dass sie entschieden abgelehnt werden müssen. Solche profilmässige Darstellungen der Erdkruste, welche Continente und Meeresbecken in ihrer gegenseitigen Beziehung zur Anschauung bringen wollen, müssen im richtigen Verhältniss der Höhe zur Länge entworfen werden, und es darf die Krümmung der Erdoberfläche nicht unberücksichtigt bleiben. Es hat schon vor mehr als 50 Jahren Élie de Beaumont hervorgehoben, dass sowohl die Wasseroberfläche wie der Boden der Oceane in diesem Falle nach oben convex gekrümmt erscheinen und dass die Bodenlinie flacher gekrümmt und mithin kürzer ist als die Wasseroberflächenlinie. Der muldenförmig eingebogene Theil der Erdkruste erscheint auf einer richtigen Zeichnung mithin nicht als ein concaver sondern als ein ebenfalls aber nur weniger stark convexer Streifen, der somit auf seiner Unterseite keine Ausdehnung, sondern im Gegentheil Zusammenpressung zeigt.

2. Wenn man als Ursache des Sinkens der Erdkruste den Schwund des Erdkernes gelten lassen will, so darf man doch nicht voraussetzen, die Kruste könne sich selbst auch nur für kurze Zeit nach Art eines Kugelgewölbes frei tragen. Der entstehende tangentiale Druck müsste sofort die Druckfestigkeit der Krustengesteine um ein Vielfaches überschreiten und diese zermalmen. Es kann aber auch kein Hohlraum zwischen Kern und Kruste entstehen und weder von einem Niederstürzen einzelner Rindentheile auf den schwindenden Kern noch von lokaler Druckentlastung die Rede sein.

3. Da die Erdkruste specifisch leichter als der Kern ist, so ruht sie gewissermassen schwimmend auf demselben. Wenn die Oberfläche des Kernes aber durch Contraction kleiner wird, so findet die Unterseite der Kruste nicht mehr Platz

genug auf ihr, es entsteht Spannung in der Kruste, die alsbald die Druckfestigkeit der Gesteine überwindet und zu seitlichem Zusammenschub führt, bis die Unterfläche sich wieder in das richtige Verhältniss zur Oberfläche des Kernes gesetzt hat. Dieser Zusammenschub muss aber etwa vorhandene klaffende Spalten oder sonstige Hohlräume sofort fest schliessen, und er versperrt somit den geschmolzenen Kernmassen alle Wege, auf denen sie aufsteigen könnten.

4. Trotzdem haben thatsächlich ungeheure Massen von unten herauf ihren Weg in die Erdkruste gefunden und sich darin ausgebreitet, so dass sie jetzt in Gestalt granitischer Gesteine Räume von Hunderten von Kubik-Kilometern einnehmen und entsprechende Massen der Kruste verdrängt zu haben scheinen. Damit dieses Eindringen Folge des Druckes der niedersinkenden Erdkruste sein, also entstehen könnte zu einer Zeit, da in der Kruste starke tangentiale Spannung und seitlicher Zusammenschub herrschen, müsste die aufsteigende und noch nicht verfestigte Masse jedenfalls schon eine ebensogrosse Druckfestigkeit wie die festesten Gesteine der Erdkruste haben und ausserdem eine besondere Expansionskraft besitzen, um sich den weiten Raum in der Kruste zu erobern. Es scheint aber unmöglich, solche Annahmen physikalisch zu begründen.

So bleibt denn nichts anderes übrig als zu erklären, dass die Contractionstheorie, obschon sie sehr geeignet ist die Entstehung der Faltengebirge zu erklären, in Bezug auf die plutonischen und vulkanischen Vorgänge gänzlich versagt. Wir stehen also zwei sich gegenseitig ausschliessenden Theorien gegenüber, von denen keine ganz genügt. Eine dritte Theorie aber, zu der wir unsere Zuflucht nehmen könnten, gibt es nicht.

In dieser Nothlage müssen wir nach allen Seiten Ausschau halten, wo der Fehler in unserer Argumentation liegen kann. So fassen wir alles nochmals kurz zusammen: Vulkanismus ist in der Hauptsache eine centrifugale, die Faltung der Kettengebirge eine tangentiale Bewegung. Beide Be-

wegungsarten wollten wir unmittelbar aus der Wärmeabgabe der Erde an das Weltall ableiten, indem wir das eine Mal annahmen, dass diese Wärmeabgabe eine centripetale, das andere Mal, dass sie eine centrifugale Bewegung im Erdkerne erzeuge. Das ist aber ein Entweder-Oder, denn die zwei Annahmen schliessen sich anscheinend einander aus.

Zweierlei Vorgänge, die wir als gleichzeitige voraussetzten, können natürlich nicht aus zwei sich ausschliessenden Ursachen hervorgehen. Wäre es aber nicht vielleicht möglich, dass wir gerade in jener Voraussetzung der Gleichzeitigkeit geirrt hätten? Wir sind an dieselbe allerdings so sehr gewöhnt, dass sie uns selbstverständlich erscheint. Dennoch müssen wir uns entschliessen, sie auf ihre Berechtigung zu prüfen.

Die erste Lehrerin für den Geologen ist die Gegenwart, sie wollen wir also zuerst befragen. Wir sehen allenthalben auf der Erde — wenn auch oft in weiten Abständen — Vulkane in Thätigkeit. Sie liegen auf den Festländern und im Meere, sie schleudern theils periodisch theils nur in unregelmässigen Zeitabständen Asche und Bomben in die Luft oder ergiessen Lavaströme über ihre Umgebung. In den Zwischenzeiten beschränken sie sich darauf, Gase auszuhauchen. Mag man vielleicht auch zur Meinung berechtigt sein, dass in manchen früheren geologischen Perioden die vulkanische Thätigkeit viel bedeutender war, so ändert das nichts an der Thatsache, dass auch unsere Zeit eine Periode solcher Thätigkeit ist.

Ob in der Gegenwart auch Intrusionen von plutonischen Gesteinen stattfinden, lässt sich nicht durch Beobachtung feststellen, aber längst erloschene Vulkane älterer Perioden, deren unterirdische Theile durch Dislocationen und Erosion blos gelegt worden sind, lehren uns, dass häufig genug die oberirdische vulkanische Action von plutonischen Intrusionen begleitet wurde. Es ist deshalb nicht unwahrscheinlich, dass solche auch heute noch sich bilden.

Erdbeben sind häufige Ereignisse. Die Ursachen der sog. tektonischen Beben, die nicht unmittelbar mit vulkanischen Ausbrüchen in Verbindung stehen, kennen wir nicht, aber es

ist möglich, dass sie Begleiterscheinungen von vulkanischen Ereignissen sind, die sich innerhalb der Erdkruste abspieler, ohne die Oberfläche zu erreichen.

Mit vulkanischen Ausbrüchen und solchen Erdbeben kommen zuweilen auch locale Hebungen der Erdkruste vor. Ausserdem sind Hebungen grosser continentaler Gebiete sicher festgestellt, die nicht mit solchen gewaltsamen Ereignissen in Beziehung stehen und so langsam vor sich gehen, dass sie erst durch Jahre lange genaue Messungen erkannt werden können.

Centrifugale Bewegungen sind somit in der Gegenwart vorhanden, aber umsonst hat man bisher nach den Spuren tangentialer Bewegungen gesucht. Kettengebirge, Faltungen im grossen Massstabe sind in historischer Zeit nicht entstanden, denn die continentale Hebung, von welcher Skandinavien ergriffen ist, kann nicht unter diese Art von tektonischen Vorgängen eingereiht werden.

Die Gegenwart zeigt sich somit unverkennbar als eine Periode vulkanischer Thätigkeit, centrifugaler Bewegung, während die Wirkungen tangentialer Bewegung alle einer früheren Zeit angehören.

Beiderlei Bewegungen müssen also nicht gleichzeitige sein, das lehrt uns die Gegenwart mit Sicherheit.

Da liegt nun die Vermuthung nahe, dass sie sich vielleicht überhaupt ausschliessen? Wenn wir darüber uns Klarheit verschaffen wollen, ist es nothwendig Perioden zu untersuchen, in denen Kettengebirge entstanden sind. Jedenfalls am günstigsten dafür wird die Tertiärzeit sein, weil in diese die Entstehung unserer grössten Kettengebirge und ebenso bedeutende Vulkanausbrüche fallen.

Der Kaukasus ist ein typisches Faltengebirge, das vorwiegend aus Meeressedimenten aufgebaut wird, deren ursprünglich horizontal gelagerten Schichten in zahlreiche Falten zusammengeschoben worden sind. In dem entstehenden Gebirge haben sich tiefe Thäler eingeschnitten und, nachdem die Faltung zum Stillstand gekommen war, immer weiter vertieft. Dann erst öffneten sich die vulkanischen Kanäle und bauten

sich die Riesenvulkane des Elbrus, Kasbek u. s. w. auf, von denen zahlreiche Lavaströme an den Thalgehängen zum Theil bis auf die Thalsohlen herabliefen. Hier kann man darüber nicht im Zweifel sein, dass einer Periode intensiver Faltung, also tangentialer Bewegung, eine andere grosser vulkanischer Thätigkeit gefolgt ist.

Im Kettenjura der Schweiz haben wir ebenfalls ein tertiäres Faltengebirg, in dem aber weder plutonische noch vulkanische Gesteine bekannt sind. Es beweist uns also, dass hier jedenfalls in die Periode tangentialer Bewegungen keine Vulkanausbrüche fielen.

Fassen wir nun die Alpen ins Auge, so muss zunächst constatirt werden, dass die Faltungen dieses Gebirges sich auf zwei Perioden vertheilen. Die erste Periode gehört der mittleren Oligocän-, die zweite dem Ende der Miocän-Zeit an. Von den vielen vulkanischen Gesteinen der Alpen sind weitaus die meisten älter als diese mitteltertiären Faltungen (z. B. die palaeoz. Diabase und Quarzporphyre, die Porphyrite und Melaphyre der Trias und die eocänen Basalte). Für uns kommen deshalb nur diejenigen Basalt-, Trachyt- und Serpentindurchbrüche in Betracht, welche oligocänen oder noch jüngeren Alters sind. Da ergibt sich nun, dass die Trachyte bei Cilli in der südlichen Steiermark erst in der oberoligocänen und untermiocänen, die Basalte der östlichen Steiermark aber im Pliocän, die ersteren also in der Zwischenzeit zwischen beiden Faltungsperioden, die letzteren nach der letzten Faltungsperiode erumpirt sind. Ebenso steht es fest, dass die Basalt- und Serpentingänge in den rhätischen Alpen nicht während, sondern erst nach der ersten Faltungsperiode entstanden sind. Also hier wie im Kaukasus schliessen sich die Perioden vulkanischer Thätigkeit und der Gebirgsfaltung gegenseitig aus.

Was hingegen die Granitstöcke betrifft, an denen die Alpen so reich sind, so eignen diese sich für unsere Untersuchung weniger, weil es meist nicht möglich ist, ihr genaues Alter festzustellen. Darauf käme es aber vor allem an. Wenn also z. B. in neuerer Zeit das tertiäre Alter der Tonalit-

stöcke Südtirols angenommen werden will, so muss dem gegenüber festgestellt werden, dass wir in Wirklichkeit sicher nur wissen, dass sie jünger als die Trias oder ein Theil der Trias sind, weil sie die Gesteine dieser Periode metamorphosirt haben. Sie können freilich noch erheblich jünger sein, aber wir haben zu einer bestimmten Altersangabe keine zuverlässigen Anhaltspunkte. Es liesse sich noch eine Anzahl anderer tertiärer Gebirgsketten anführen, für welche ein zeitliches Auseinanderfallen der vulkanischen und der Faltungsvorgänge nachweisbar ist. Doch will ich mich in dieser Beziehung auf die Erwähnung beschränken, dass mir kein Gebirg bekannt ist, in dem die beiderlei Vorgänge sich gleichzeitig abgespielt haben. Ob andere solche Gebiete kennen, weiss ich nicht, wenn es aber der Fall sein sollte, wäre eine Mittheilung darüber sehr erwünscht, da bei der Weitläufigkeit des Beweismateriales nur gemeinsame Arbeit Vieler gesicherte Ergebnisse verspricht.

Eine Entscheidung mit Bezug auf die vortertiären Gebirge ist natürlich mit noch grösseren Schwierigkeiten verknüpft, weil die Altersbestimmung der einzelnen Vorgänge um so unsicherer wird, je weiter sie in der Vergangenheit liegen. Doch ist es auffällig genug, dass, um nur dies eine Beispiel zu erwähnen, die gewaltigen Porphyr- und Melaphyreruptionen des Rothliegenden erst nach den weitausgedehnten Faltungen eingetreten sind, welche die älteren Ablagerungen des rheinischen Schiefergebirges, des Harzes, Thüringerwaldes und Erzgebirges betroffen haben, und dass soweit das Rothliegende selbst von Faltungen ergriffen worden ist, diese vulkanischen Gesteinsmassen geradeso wie die mit ihnen wechsellagernden Sandsteine, Conglomerate, Kalksteine und Dolomite gefaltet wurden zu einer Zeit, in der ihre Eruption längst in der Vergangenheit lag.

Ich schliesse daraus auf die Wahrscheinlichkeit, dass nirgends und zu keiner Zeit Gebiete unserer Erdkruste gleichzeitig der Schauplatz vulkanischer Eruptionen und von Gebirgsfaltung gewesen sind. Dieses Ergebniss stimmt aber mit demjenigen genau überein,

zu dem wir bereits gelangt sind, dass nämlich in der Gegenwart die Erde nur der Schauplatz vulkanischer Eruptionen, nicht aber auch von Gebirgsfaltungen ist.

Ich höre hier den Einwand machen, dass damit noch gar nichts gegen den Synchronismus der vulkanischen und Faltungsvorgänge bewiesen sei, denn es sei leicht möglich und vielleicht sogar selbstverständlich, dass in Faltungsgebieten vulkanische Ausbrüche wegen des seitlichen Zusammenpressens nicht eintreten können, dass sie dafür aber um so intensiver an anderen Stellen zum Durchbruch gelangen. Die postalpinen und postkaukasischen Eruptionen in den Alpen und dem Kaukasus brauchen in der That in keinen causalen Zusammenhang mit der Faltung dieser Gebirge gesetzt zu werden, sie können ja die Folge späterer anderweitiger Faltungsprocesse sein, während deren jene Gebirge nicht mehr im Zustand der Zusammenpressung sich befanden.

Wir müssen also nachforschen, ob ausserhalb der bekannten Kettengebirge vulkanische Gesteine bekannt sind, deren Eruption gleichzeitig mit dem Faltungsprocesse jener Gebirge stattgefunden hat, mit anderen Worten, ob Beweise dafür existiren, dass die vulkanischen und Faltungsvorgänge zwar gleichzeitig aber örtlich von einander getrennt auftreten.

Dagegen spricht allerdings von vornherein, worauf schon früher hingewiesen worden ist, die Erfahrung aus historischer Zeit, aber man könnte einwenden, dass diese doch im Verhältniss zur Länge der geologischen Perioden zu kurz sei, um daran eine für unsere theoretischen Anschauungen so bedeutungsvolle Schlussfolgerung zu knüpfen.

Wenn man von allen vulkanischen Eruptionen und allen Gebirgsfaltungen genaue Kenntniss ihres Alters und ihrer Dauer hätte, so bräuchte man sie nur alle aufzuzählen und gegen einander zu stellen, um sofort die Frage nach dem Fehlen eines Synchronismus beantworten zu können. Man wage aber nur einen solchen Versuch, dann tritt die Unmöglichkeit einer derartigen Beweisführung sofort zu Tage. Die Mangelhaftigkeit unserer synchronistischen Formationstabellen

ist jedem Geologen bekannt für alle die Fälle, wo es sich um Vergleiche weit von einander abliegender oder in ihrer Facies stark sich unterscheidender Ablagerungen handelt. Dazu kommt, dass der Zeitpunkt für viele, insbesondere aber für die älteren Gebirgsfaltungen, die vulkanischen und insbesondere die plutonischen Bildungen nur innerhalb sehr weiter Grenzen festgelegt werden kann, die zur Entscheidung der uns vorliegenden Fragen oft viel zu unbestimmt sind.

Leichter könnten wir zu einem greifbaren Ergebniss kommen, wenn wir nach Beweisen für den Synchronismus suchen, denn dann brauchen wir nicht alle einschlägigen Fälle zu untersuchen und es würde nur ein einziger genau geprüfter Fall von Synchronismus genügen, um die Behauptung zu widerlegen, dass vulkanische und Faltungsvorgänge in unserer Erdkruste sich einander zeitlich ausschliessen. Vielleicht gelingt es anderen einen solchen Fall ausfindig zu machen, mir ist dies bis jetzt nicht gelungen. Dahingegen haben sich gegentheilige Fälle in Menge ergeben, von denen ich diejenigen, welche auf die Alpenfaltung Bezug haben, aufzählen will.

Das Alpengebirg hat, wie bereits erwähnt, zwei Faltungsperioden, die erste in der Zeit des mittleren Oligocäns, die zweite am Ende der Miocänzeit erlebt. Im Norden der Alpen, aber nicht weit davon entfernt, liegen die zahlreichen Zeugen wenn auch kleiner Vulkandurchbrüche auf der schwäbisch-bayerischen Juratafel. Soweit ihr Alter bestimmt werden konnte, fallen sie in die mittlere Miocänzeit, wohin auch die viel umfangreicheren Basalteruptionen Hessens gestellt werden, während diejenigen des Siebengebirges dem Untermiocän angehören. Viel jünger sind die wahrscheinlich diluvialen Vulkane der Eifel. In Nordböhmen begannen die Basaltausbrüche erst mit der oberoligocänen Periode und die zahlreichen Eruptionen Ungarns scheinen sich, wenn schon ihre Altersbestimmungen in vielen Fällen zweifelhaft sind, auf drei Perioden zu vertheilen, nämlich auf das Obereocän und Unteroligocän, dann auf das Oberoligocän und Miocän mit Trachyteruptionen und endlich auf das Ende der Congerienstufe und den Anfang der Pliocän-

zeit mit Basalteruptionen. Mit Bezug auf die Alpenfaltungen haben wir somit eine praealpine, eine interalpine Trachyt- und eine postalpine Basalt-Eruptionsperiode, nur fällt es auf, dass der Zwischenraum zwischen den beiden letzteren, geologisch gesprochen, recht kurz war. Auch die vulkanischen Ausbrüche des französischen Centralplateaus lassen sehr deutlich drei Perioden erkennen, von denen die erste im mittleren Miocän liegt und zu Ende der Miocänzeit erlischt, während die zweite mit dem Pliocän anhebt, während die dritte dem Diluvium angehört.

Alle diese Thatsachen deuten darauf hin, dass auch in der weiteren Umgebung des Alpengebietes vulkanische und Faltungsvorgänge sich zeitlich einander abgelöst haben. Wir können also von einem periodischen Wechsel derselben so lange sprechen, als keine vulkanische Eruptionen namhaft gemacht werden, welche ohne Unterbrechung die mittlere Oligocän- oder die jüngere Miocänzeit ausgefüllt haben. Angenommen jedoch es hätten solche wirklich existirt, dann würde sich daraus in Verbindung mit der Thatsache, dass auch während der Trias- und Juraperiode, die wir für die Gebirgsfaltungen als Zeiten der Ruhe zu betrachten gewöhnt sind, in den Südalpen, in Amerika und Asien eine Menge von Eruptivgesteinen zu Tage getreten sind, der Satz ableiten lassen, dass die vulkanischen Vorgänge zu den dauernden Begleiterscheinungen der erdgeschichtlichen Entwickelung gehören, während Gebirgsfaltungen nur periodische Ereignisse darstellen. Auch dieses Ergebniss stünde mit den Erfahrungen im Einklang, die wir aus der historischen Zeit gewonnen haben. Beiden Möglichkeiten gemeinsam ist, dass sie die Möglichkeit ausschliessen, die vulkanischen Vorgänge als unmittelbare Folgen des Einsinkens einzelner Schollen der Erdkruste aufzufassen.

Damit sind wir jedoch unversehens vor ein neues Hemmniss eigner Art gelangt, nämlich unsere Abneigung periodische Wiederholungen in der Entwickelungsgeschichte der Erde gelten zu lassen, wenn sie uns ursächlich nicht verständlich sind.

Den Wechsel von Tag und Nacht, Sommer und Winter, Ebbe und Fluth anerkennen wir zwar unbedenklich, weil er handgreiflich und leicht erklärbar ist. Aber welche Schwierigkeiten waren zu überwinden, bis die Existenz einer grossen Eiszeit, auf die wieder eine wärmere, die jetzige Periode folgte, zugegeben wurde! War doch eine gleichmässig fortschreitende Abkühlung der Erde und ihres Klimas viel einleuchtender. Die Brutalität der Thatsachen hat uns nur allmählich gezwungen, den Widerstand aufzugeben, und jetzt sind wir sogar bereit an die mehrfache Wiederholung von glacialen und interglacialen Perioden zu glauben, trotzdem für ihre Entstehung noch immer keine genügende theoretische Begründung gefunden ist.

Der Widerstand, der sich voraussichtlich auch gegen die hier ausgesprochene Wahrscheinlichkeit des periodischen Wechsels zwischen centripetalen und centrifugalen Bewegungen der Erdkruste erheben wird, kann mit Erfolg natürlich nur überwunden werden, wenn Nachforschungen auf allen Theilen der Erde, ähnlich wie für die Eiszeiten, zu übereinstimmenden Ergebnissen führen. Selbstverständlich lässt sich heute der Erfolg noch nicht mit Sicherheit voraussehen, den solche Untersuchungen zeitigen werden. Aber letztere fallen jedenfalls ausschliesslich in das Arbeitsgebiet des thätigen Feldgeologen und bleiben unabhängig davon, ob eine Theorie ihre Ergebnisse erklären kann oder nicht. Gleichwohl mag es von Nutzen sein darauf hinzuweissen, dass die theoretische Physik in neuerer Zeit auf Bahnen wandelt, die der Annahme jener Periodicität nicht ungünstig sind.

Man ist geneigt vorauszusetzen, dass die krystalline Erdkruste einen gasförmigen Erdkern umschliesst, der so hohe Temperaturen besitzt, dass sich die Gase alle im überkritischen Zustande befinden und in Folge des hohen Druckes thatsächlich doch mit festen Massen grosse Aehnlichkeit besitzen. Die Wärmeabgabe der Erde nach Aussen erzeugt in diesem Kerne Contraction als eine centripetale beschleunigte Bewegung. Nach den Berechnungen A. Ritters ist es denkbar, dass diese Bewegung sich in Wärme umsetzt, die an Menge um ein

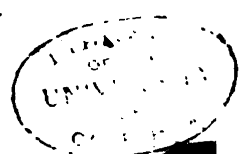
Vielfaches grösser ist als die Wärmemenge, aus deren Abgabe die Contractionsbewegung hervorgegangen ist. Für die Erde wäre demnach Wärmeabgabe nach aussen nicht gleichbedeutend mit Wärmeverlust, sondern im Gegentheil von erheblicher Wärmezunahme in dem gasförmigen Kerne gefolgt. Es handelt sich hierbei um allerdings sehr langsame Bewegungen, deren Bedeutung jedoch in der Grösse der bewegten Massen liegt.

Geht man von einem Ruhezustande aus, in dem die centripetale Tendenz der Massen und die centrifugale Wirkung der Wärme im Gleichgewicht sind, dann wird derselbe durch Wärmeabgabe nach aussen gestört. Es entsteht im Kern Contraction und in der Erdkruste tangentiale Spannung, die zu Gebirgsfaltungen führt. Nach einer gewissen Zeit erlangt aber die Wärme die Ueberhand und erzeugt entgegengesetzte Bewegung. Die Erdkruste wird für den sich ausdehnenden Kern zu eng, es entstehen Hebungen einzelner Theile (continentale Hebungen), die Kruste wird stärker erwärmt (Steigen der Geoisothermen), in der Kruste entsteht statt tangentialer Spannung Tendenz zum Zerreissen und Auseinanderweichen (Spaltenbildung), und die überheissen Massen des Kernes steigen in die Region der Kruste empor (plutonische Injectionen und vulkanische Durchbrüche). Hierdurch wird der Ueberschuss an Wärme allmählich aufgebraucht und es muss schliesslich wieder ein Zeitpunkt eintreten, in dem Druck und Wärme ins Gleichgewicht gekommen sind. Sogleich wird die fortgesetzte Wärmeabgabe nach aussen nun wieder Contraction erzeugen und damit eine Wiederholung der geschilderten Vorgänge einleiten.

So ist also immerhin schon ein Weg gegeben, auf dem für jene Periodicität, falls sie den geologischen Thatsachen gegenüber sich dauernd bewähren sollte, eine theoretische Begründung gesucht werden kann. Freilich ist vieles noch ungeklärt, insbesondere die Länge jener Perioden, welche vom geologischen Standpunkte aus als sehr bedeutend angenommen werden muss. Denn die historische Zeit hätte als ein Theil nur der letzten Expansionsperiode zu gelten. Ob es aber möglich sein wird auf jenem theoretischen Weg zu ähnlich

langen Perioden der Contraction und Expansion zu gelangen, kann erst die Zukunft lehren. Die geologischen Thatsachen scheinen übrigens dafür zu sprechen, dass die Contractionsperioden kürzer als die anderen sind.

Trotz aller Unsicherheit im Einzelnen und in den Voraussetzungen lässt sich soviel doch wohl mit einiger Berechtigung behaupten, dass schwerwiegende theoretische Bedenken gegen die Annahme jener Periodicität nicht bestehen, und wenn sich auch der hier skizzirte Erklärungsversuch als unhaltbar erweisen sollte, so würde das noch nichts gegen die Richtigkeit der Periodicität selbst beweisen.



Magnetische Drehung der Polarisationsebene des Lichtes in selektiv absorbirenden Medien.

Von **August Schmauss.**

(*Eingelaufen 8. November.*)

(Mit Taf. III—VI.)

Den früheren Untersuchungen des Verfassers[1]) über den in der Ueberschrift genannten Gegenstand, die sich bisher auf diamagnetische Substanzen beschränkt hatten, mögen im folgenden Messungen angereiht werden, welche die Drehung der Polarisationsebene des Lichtes unter dem Einflusse des Magneten an magnetischen, absorbirenden Medien bestimmen sollten.

Betreffs der Versuchsanordnung, mit der die nachfolgenden Resultate erhalten sind, darf auf die bereits erwähnten Mitteilungen verwiesen werden.

I.

Anomale Dispersion in flüssigem Sauerstoff.

Es schien von Interesse, zu untersuchen, ob dem flüssigen Sauerstoff, der ein ausgezeichnetes Absorptionsspektrum besitzt, anomale Drehung der Polarisationsebene zukommt.

Zur Messung der Drehung befand sich der flüssige Sauerstoff in einem Dewar'schen Gefässe von 8 cm innerer Weite. Um Licht hindurchschicken zu können, war die Silberbelegung an zwei diametralen Stellen weggenommen. Das Gefäss wurde

---

[1]) A. Schmauss, Ann. d. Phys. 2, p. 280, 1900; 8, p. 482, 1902.

zwischen die durchbrochenen Pole des Elektromagneten gestellt. Die folgende Tabelle I gibt die erhaltenen Zahlenwerte der Drehung, die für das Gebiet von drei Absorptionsstreifen bestimmt wurde.

Tabelle I.

$\lambda =$	658	652	645	642	. . . . . .	602	600	593	. . . .	553	551	547	541	. . . .	527	522	515	507
I. $\varrho =$	0,34°	0,36	0,40	**0,45**		**0,37**	0,41	**0,50**		**0,40**	0,43	0,43	**0,52**		**0,38**	0,41	0,47	0,58
II. $\varrho =$	0,65°	0,66	0,74	**0,78**		**0,74**	0,79	**0,87**		**0,87**	0,89	0,92	**0,99**		**0,90**	0,93	0,99	1,11
III. $\varrho =$	0,97°	1,02	1,06	**1,13**		**1,14**	1,18	**1,28**		**1,34**	1,33	1,38	**1,45**		**1,40**	1,42	1,51	1,63

Die Zahlenwerte sind in die beigegebene Tafel III eingetragen. Die Messungen geschahen für drei verschiedene Feldstärken. Um einen Anhalt über die Grösse derselben zu haben, wurde die Drehung in Wasser bei denselben Feldstärken (I bis III) in demselben Gefässe bestimmt. Die in Tafel III punktirt eingetragenen Kurven erläutern die Dispersion in

Wasser unter denselben Versuchsbedingungen und geben ein Bild der relativen Drehung des flüssigen Sauerstoffs in Bezug auf Wasser.

Die Betrachtung der Tabelle — die entsprechenden Zahlen von und nach einem Absorptionsstreifen sind durch stärkeren Druck hervorgehoben — oder der beigegebenen Kurven zeigt eine anomale Drehung des flüssigen Sauerstoffs in demselben Sinne, wie er bereits für diamagnetische absorbirende Medien festgestellt ist.

Zugleich bestätigt sich auch hier das von Herrn Prof. Voigt aus der Theorie vorhergesehene Gesetz der Abnahme der negativen Drehung innerhalb eines Absorptionsstreifens mit wachsender Feldstärke. Die bei niedriger Feldstärke negative Differenz der Höhe der Fortsatzpunkte 1', 2', 3' gegenüber 1, 2, 3 (siehe Fig.) geht bei steigender Feldstärke durch Null zu positiven Werten.

Anmerkung: Das Verhältnis der Drehung gasförmigen Sauerstoffs zu der des Wassers unter gleichen Bedingungen wurde von A. Kundt und W. C. Röntgen[1]) = $0{,}354 . 10^{-3}$ bestimmt.

Das Verhältnis der Dichte des flüssigen Sauerstoffs (1,24) zu der des gasförmigen (0,0014) beträgt etwa 900.

Unter der Annahme, dass die Drehung der Dichte proportional zunehme, ergibt sich für das Verhältnis der Drehung des flüssigen Sauerstoffs zu der des Wassers 0,318.

Nach den vorliegenden Messungen bewegt sich das Verhältnis zwischen 0,5 und 0,6, das heisst: Die Drehung nimmt beim Uebergang aus dem gasförmigen in den flüssigen Zustand stärker zu als die Dichte.

---

[1]) A. Kundt und W. C. Röntgen, Wied. Ann. 10, p. 257, 1880.

II.

Anomale Dispersion der negativ-drehenden Lösungen von Neodym-Praseodym- und Erbium-Nitrat.

Einleitung: Herr Professor du Bois hatte auf dem internationalen Physikerkongress in Paris 1900 in seinem Referate über die magnetischen Eigenschaften der Materie[1]) bei den Elementen der Erbiumgruppe auf die Notwendigkeit hingewiesen, ihr magnetooptisches Verhalten zu studiren. Da Herr Professor du Bois zunächst nicht Gelegenheit hatte,[2]) selbst die Messung der Drehung der Polarisationsebene in den Salzen der seltenen Elemente durchzuführen, wurde dies mit seiner gütigen Erlaubnis in das Programm der vorliegenden Arbeit aufgenommen.

Die Bestimmung der Drehung der Polarisationsebene in den Salzen der Gruppe, welche eine negative Drehung aufweisen, ist schon vom rein physikalischen Gesichtspunkt aus wegen der ausgezeichneten Absorptionsspektra interessant, die wir hier finden.

Wie dürfte sich nach allgemeinen Ueberlegungen die Drehung einer negativ drehenden selectiv absorbirenden Substanz gestalten?

Es stelle in Fig. 1 die Kurve 1 die Rotationsdispersion des Lösungsmittels etwa des Wassers dar. Dann ist die Drehungskurve einer nicht absorbirenden Substanz, die in 1 gelöst wird gegeben durch 2, wenn die gelöste Substanz positives, durch 3, wenn ihr ein negatives Drehungsvermögen $\left(\text{etwa prop. } \frac{1}{\lambda^2}\right)$ zukommt.

Besitzt die gelöste Substanz einen Absorptionsstreifen, dann wird nach den früheren Erfahrungen der Verlauf der Dispersion durch die Kurve 4 dargestellt, falls die Substanz selbst

[1]) H. du Bois: Propriétés Magnetiques de la Matière Pondérable, Rapport présenté au Congrès international de Physique, Paris 1900, 2, p. 460.

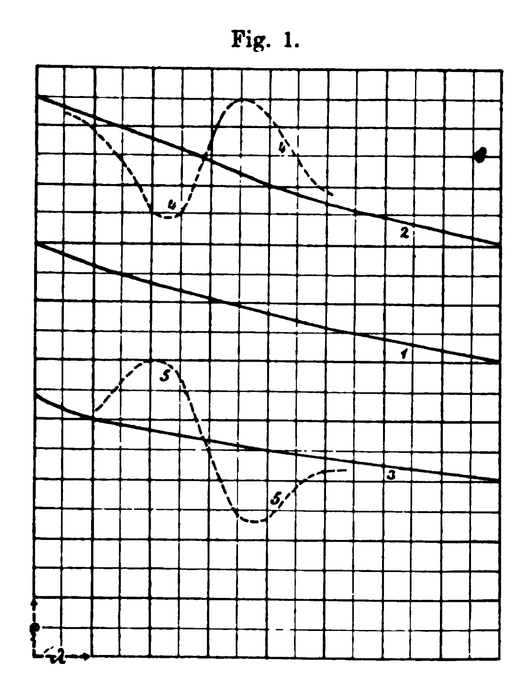
[2]) H. du Bois: Ann. d. Phys. 7, p. 944, 1902.

positives Drehungsvermögen besitzt. Dreht die gelöste Substanz negativ, dann wird man innerhalb eines Absorptionsstreifens einen durch die Kurve 5 dargestellten Gang der Rotationsdispersion erwarten dürfen, falls man in einfacher Ueberlegung die Konstante negativ nimmt, etwa in der Formel zur Berechnung der Grösse des Drehungswinkels nach Maxwell

$$\varrho = c \cdot \mathfrak{l} \cdot \mathfrak{H} \cdot \frac{n^2}{\lambda^2}\left(n - \lambda \frac{dn}{d\lambda}\right)$$

während in positiv drehenden Medien c positiv ist.

Fig. 1.



Mit der Annäherung von der roten Seite an den Absorptionsstreifen wird also die Drehung abnehmen, von der blauen Seite her zunehmen.

Diese Folgerung soll an Neodym-Praseodym- und Erbiumnitratlösungen geprüft werden.

Anom

...ungen.

... Herrn Prof. Muthmann verdanke ich die ... Neodym- und Praseodymnitratlösungen, von ... Hoffmann erhielt ich Erbiumnitrat. Es sei mir ... beiden Herren auch an dieser Stelle für die Ab... Materiales zu danken.

... Messungen wurden für drei verschiedene Feldstärken ... 11000 und 16000 C. G. S E — und zwei ver... Konzentrationen (Schichtdicke 0,25 cm) ausgeführt. ... Lösung (1) ist dreimal so konzentrirt als die ... (2).

Um eine etwaige Konzentrationsänderung im Magnetfelde zu vermeiden, wurde die Glaskuvette, welche die Lösungen aufnahm, nur so gross gewählt, dass sie eben dem Lichtbündel den Durchgang gestattete. Uebrigens hat man noch keine Konzentrationsänderung von Lösungen magnetischer Stoffe im Magnetfelde beobachten können.[1])

[1]) G. Wiedemann, Die Lehre von der Elektrizität, II. Band, § 1205. (3. Aufl. 1895.)

Tabelle 2a (hierzu Tafel IV).

Dispersion in Neodymnitratlösung 1.

λ =	658	641	627	612	599	586
I. ϱ =	0,05°	0,06	0,08	0,07	0,09	0,09
II. ϱ =	0,15°	0,16	0,17	0,18	0,19	0,21
III. ϱ =	0,28°	0,28	0 32	0,32	0,34	0,36

573	. . . .	566	561	551	541
0,16		**0,15**	0,17	0,18	0,20
0,27		**0,27**	0,30	0,31	0,32
0,40		**0,40**	0,43	0,45	0,46

532	528	. . . . . .	517	512	. . . . . .	499
0,20	**0,24**		**0,14**	**0,31**		**0,21**
0,33	**0,37**		**0,28**	**0,43**		**0,38**
0,50	**0,52**		**0,45**	**0,60**		**0,57**

491	483	474	468	462
0,27	0,27	0,28	0,30	0,35
0.41	0,41	0,45	0,47	0,50
0,62	0,62	0,63	0,66	0,70

Tabelle 2b.

Dispersion in Neodymnitratlösung 2.

$\lambda =$	658	641	627	612	599	586
I. $\varrho =$	$0,19^{0}$	0,19	0,20	0,21	0,21	0,24
II. $\varrho =$	$0,32^{0}$	0,35	0,37	0,38	0,38	0,40
III. $\varrho =$	$0,42^{0}$	0,46	0,51	0,52	0,55	0,57

$\lambda =$	573	. . . .	566	561	551	541
I. $\varrho =$	**0,27**		**0,25**	0,26	0,27	0,27
II. $\varrho =$	**0,43**		**0,42**	0,45	0,46	0,49
III. $\varrho =$	**0,62**		**0,64**	0,67	0,67	0,68

$\lambda =$	532	528	524	. . . .	519	515	512
I. $\varrho =$	0,30	0,31	**0,35**		**0,25**	0,33	**0,38**
II. $\varrho =$	0,51	0,54	**0,58**		**0,53**	0,60	**0,64**
III. $\varrho =$	0,71	0,74	**0,76**		**0,70**	0,81	**0,85**

$\lambda =$	. . . .	507	499	491	483	474	468	462
I. $\varrho =$		**0,27**	0,29	0,32	0,32	0,34	0,36	0,40
II. $\varrho =$		**0,55**	0,59	0,59	0,60	0,61	0,63	0,69
III. $\varrho =$		**0,79**	0,81	0,83	0,86	0,87	0,91	0,97

Tabelle 8a (hierzu Tafel V).

Dispersion in Praseodymnitratlösung 1.

$\lambda =$	642	627	612	599	597	593	. . . . . .	578
I. $\varrho =$	0,11°	0,13	0,14	0,15	0,16	**0,23**		**0,14**
II. $\varrho =$	0,22°	0,23	0,24	0,27	0,29	**0,37**		**0,31**
III. $\varrho =$	0,31°	0,32	0,36	0,41	0,45	**0,51**		**0,50**

573	561	551	541	532	525	. . . . . .	515	511
0,19	0,22	0,21	0,22	0,24	**0,29**		**0,11**	0,19
0,32	0,37	0,36	0,38	0,41	**0,46**		**0,31**	0,40
0,53	0,56	0,56	0,57	0,62	**0,68**		**0,60**	0,66

507	499	491	487	483	. . . . . .	474	472
0,24	0,26	0,26	0,27	**0,31**		**0,16**	0,19
0,44	0,46	0,49	0,50	**0,52**		**0,39**	0,41
0,70	0,72	0,74	0,76	**0,81**		**0,71**	0,73

469	. . . . . .	458	455	450	444
0,25		**0,12**	0,24	0,30	0,37
0,47		**0,38**	0,50	0,56	0,64
0,78		**0,74**	0,83	0,90	0,96

Tabelle 8b.

Dispersion in Praseodymnitratlösung 2.

$\lambda =$	627	612	599	593	. . . . . .	578	573
I. $\varrho =$	0,16°	0,17	0,18	**0,26**		**0,15**	0,17
II. $\varrho =$	0,34°	0,36	0,40	**0,46**		**0,40**	0,43
III. $\varrho =$	0,53°	0,57	0,62	**0,67**		**0,66**	0,69

551	532	524	. . . .	515	499	487
0,20	0,23	**0,26**		**0,20**	0,30	0,33
0,48	0,54	**0,58**		**0,51**	0,60	0,67
0,74	0,83	**0,88**		**0,84**	0,90	0,96

485	. . . . . .	474	470	468	. . . . . .	458
0,35		**0,28**	0,34	**0,39**		**0,32**
0,70		**0,63**	0,70	**0,74**		**0,71**
0,98		**0,90**	0,95	**0,99**		**0,99**

455	450	444
0,37	0,41	0,48
0,75	0,79	0,85
1,06	1,12	1,19

Tabelle 4a (hierzu Tafel VI).

Dispersion in Erbiumnitratlösung 1.

$\lambda =$	668	658	651	647	. . . . . .	630	627
I. $\varrho =$	0,03°	0,08	0,07	**0,10**		**0,01**	0,03
II. $\varrho =$	0,13°	0,18	0,16	**0,18**		**0,14**	0,16
III. $\varrho =$	0,21°	0,27	0,25	**0,27**		**0,26**	0,28

$\lambda =$	612	599	573	551	547	541	. . . . . .	528
I. $\varrho =$	0,06	0,06	0,08	0,07	0,09	**0,20**		**0,07**
II. $\varrho =$	0,19	0,22	0,21	0,27	0,32	**0,40**		**0,82**
III. $\varrho =$	0,32	0,34	0,37	0,43	0,47	**0,57**		**0,48**

$\lambda =$	523	521	. . . . . .	507	504	499	491	489
I. $\varrho =$	0,15	**0,20**		**– 0,10**	0,00	0,07	0,12	**0,18**
II. $\varrho =$	0,40	**0,44**		**0,21**	0,29	0,32	0,36	**0,41**
III. $\varrho =$	0,60	**0,66**		**0,48**	0,50	0,57	0,64	**0,66**

$\lambda =$	. . . . . .	470	468	455	446	. . . . . .	428	423
I. $\varrho =$		**– 0,05**	0,02	0,13	**0,21**		**0,00**	0,18
II. $\varrho =$		**0,25**	0,28	0,37	**0,48**		**0,35**	0,50
III. $\varrho =$		**0,51**	0,52	0,63	**0,75**		**0,65**	0,79

Tabelle 4 b.

Dispersion in Erbiumnitratlösung 2.

$\lambda =$	668	658	651	647	. . . . . .	630	627	599
I. $\varrho =$	0,11°	0,15	0,13	0,15		0,09	0,10	0,11
II. $\varrho =$	0,27°	0,32	0,31	0,32		0,28	0,28	0,31
III. $\varrho =$	0,42°	0,46	0,46	0,48		0,48	0,48	0,53

573	551	541	. . . . . .	532	523	. . . . . .	511
0,11	0,13	0,19		0,09	0,20		0,10
0,34	0,36	0,44		0,39	0,50		0,44
0,58	0,65	0,71		0,68	0,80		0,77

507	491	489	. . . .	474	468	461
0,17	0,30	0,34		0,16	0,20	0,23
0,48	0,60	0,66		0,51	0,54	0,56
0,80	0,89	0,94		0,82	0,86	0,91

449	446	444
0,28	0,34	0,41
0,63	0,67	0,73
0,95	0,99	1,03

Betrachten wir die Tabellen oder die zu je einer Konzentration beigegebenen Tafeln IV bis VI, dann sehen wir, dass der Gang der anomalen Dispersion in diesen negativ drehenden Lösungen nicht die erwartete, in Fig. 1 durch Kurve 5 dargestellte Form annimmt, sondern den in Fig. 2 durch Kurve 6 gegebenen Verlauf nimmt.

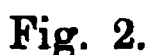
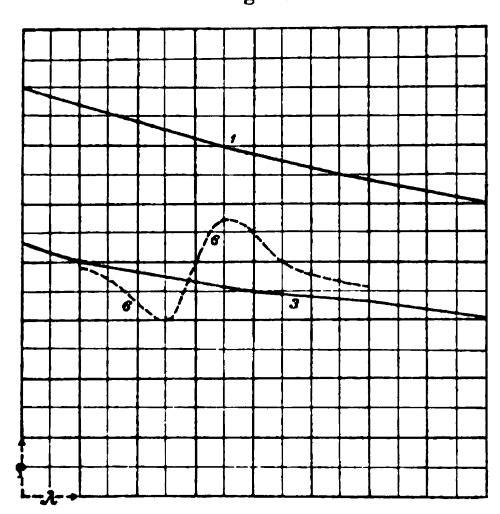


Fig. 2.



Zur Fixirung der Vorstellung, ohne damit über den in unseren Lösungen wirklich stattfindenden Vorgang eine Behauptung aufzustellen, denken wir uns ein negativ drehendes Salz (Kurve 3) in Wasser gelöst, dieser Lösung einen positiv drehenden Farbstoff beigegeben, dann stellt Kurve 6 den Verlauf der Drehung in einem Absorptionsstreifen des Farbstoffes dar.

Resultat:

Die vorliegenden Messungen haben folgendes Ergebnis:

In den negativ drehenden Lösungen von Neodym-Praseodym- und Erbiumnitrat sind die Anomalien in der

Drehung infolge selectiver Absorption „positiv", wenn mit dem Prädikat „positiv" der anomale Gang der Drehung in positiv drehenden absorbirenden Substanzen festgelegt ist.

Im Sinne der Elektronentheorie bedeutet dieses Resultat: Das absorbirende Jon, das die Polarisationsebene des Lichtes im Sinne der Molekularströme dreht, besitzt eine negative elektrische Ladung.

Bericht über eine von den Privatdozenten Dr. Max Blanckenhorn und Dr. Ernst Stromer von Reichenbach ausgeführte Reise nach Aegypten.

Einleitung

von **Ernst Stromer von Reichenbach.**

(Eingelaufen 8. November.)

Angeregt durch hochinteressante Fossilfunde, welche bei der staatlichen Untersuchung der Geologie Aegyptens in dem dortigen Tertiär gemacht wurden, stellten wir im November vorigen Jahres an die k. bayerische Akademie der Wissenschaften das Ersuchen uns Mittel zu einer Reise nach Aegypten zu gewähren um dort vor allem nach Fossilien speziell Wirbeltier-Resten zu suchen und wichtige geologische Fragen einer Lösung entgegenzuführen.

Schon Anfang Dezember wurde unserem Antrage entsprochen und noch am Ende desselben Monats begaben wir uns nach Triest, um uns nach Alexandria einzuschiffen. Am 6. Januar trafen wir in Kairo ein. Unsere dortigen Reisevorbereitungen wurden durch verschiedene Freunde meines Reisegefährten besonders einen geborenen Münchner, Herrn Stadler, Beamten der Survey, und Herrn Dr. Schmidt, Professor an der medizinischen Schule, unterstützt und dadurch vereinfacht, dass ein Zelt nebst wichtigen Einrichtungsgegenständen von dessen früheren Reisen in Aegypten her in Kairo aufbewahrt wurden und nun uns gleich zu Gebote standen;

sie erlitten aber durch das Beiramfest einige Verzögerung. Wir benutzten diese freie Zeit zu kleinen geologisch-paläontologischen Erkundungsausflügen in das Mokáttam-Gebirge und über die Gizeh-Pyramiden nach Abusîr.

Am 14. Januar endlich reisten wir mit der Bahn nach Medînet el Fajûm ab, um von da aus das Mitteleocän nördlich der Fajûm-Oase zu untersuchen, das nach den Berichten von Professor Schweinfurth und anderen besonders reich an Wirbeltier-Resten sein sollte. Wir mieteten in der Stadt und in einem in der Nähe gelegenen Dorfe, Tobhár, mit der gütigen Hülfe zweier Ungarn, der Brüder Fahn, sechs Kameele mit fünf Treibern, einen Wächter und einen arabischen Diener. Dann zogen wir am 17. mit dieser Karawane über Názleh Gebâli nach Westen zum Wüstenrand und von da aus nach der im Westen der Birket el Qerûn gelegenen prächtigen Tempelruine Qasr Qerûn und von hier zunächst etwas nach Nordwesten.

Hierauf streiften wir die Gegend nördlich des genannten Sees in der Nähe der Ruinen von Dîmeh und Qasr-es-Saga ab und kamen zuletzt am 27. Januar im Nordosten des Fajûm wieder in das Kulturland nach Tamîeh, von wo aus wir mit der Bahn nach Kairo zurückkehrten.

Unsere Ausrüstung mit in Kairo gekauften Konserven sowie mit Wasser, das wir teils in Petroleumblechkisten, teils in Leinwandsäcken, die bei der Firma Reichelt in Berlin gekauft waren, mit uns führten, bewährte sich bei dieser Tour sehr gut, Schwierigkeiten hatten wir aber, weil unsere Leute vertragswidriger Weise nicht genug Kameelfutter mitgenommen hatten. Eine Beschaffung desselben durch Vermittlung von Fischern, die wir am See öfters antrafen, scheiterte an den zu hohen Forderungen derselben, unsere Kameele mussten sich deshalb mehrere Tage lang mit den am See wachsenden Tamarisken und Schilf begnügen und wir unsere Route darnach abändern.

Da wir auf dieser Tour in dem untersuchten Mitteleocän (Obermokáttam) nicht genügende Funde gemacht hatten, beschlossen wir auf unser Risiko nochmals dorthin zu ziehen

und noch andere Touren zu unternehmen, um möglichst viel Material zu sammeln und um zugleich auch verschiedene besonders interessante stratigraphische Probleme in Angriff zu nehmen.

Nach neuen Vorbereitungen und Erkundigungen bei dem Chef der geologischen Landesuntersuchung, Captain Lyons, gelang es uns durch Vermittlung eines deutschen Baumeisters, Brugger, bei den Gizeh-Pyramiden fünf Kameele nebst Treibern zu erhalten, auch mieteten wir einen französisch sprechenden Diener, der den bekannten Paläontologen Prof. Mayer Eymar und meinen Kollegen schon öfters begleitet hatte. Mit diesen Leuten brachen wir am 6. Februar auf und zogen durch die Kieswüste direkt nach Südwesten, bis wir nach drei Tagen den nördlichsten Punkt von Professor Schweinfurths Fajûmreise von 1886 (Verh. Ges. f. Erdk. Berlin 1886 S. 21) erreichten.

Dieses Mal gelang es uns durch die Fischer frisches Futter und Wasser über die Birket-el-Qerûn holen zu lassen, auch bewährten sich unsere Beduinen viel besser als die Fajûm-Fellachen der ersten Tour und so konnten wir unserer Absicht entsprechend mehrere Tage lang die Plateauhöhen und Ränder nördlich des Sees absuchen und vor allem auch die auf der ersten Tour nicht erreichten knochenführenden Schichten des Obereocäns untersuchen.

Am 18. Februar verliess ich in Tamîeh die Karawane um im Fajûm zoologische Objekte zu erwerben, meine Absicht aber in der Birket-el-Qerûn Plankton zu fischen, konnte ich leider nicht durchführen, da es zu viel Zeit und Kosten beansprucht hätte und so kehrte ich nach Kairo zurück, wo auch mein Kollege, der mit der Karawane auf dem direkten Wüstenwege zu den Gizeh-Pyramiden gezogen war, am 20. Februar anlangte.

Um auch das Jungtertiär zu durchforschen, beschlossen wir nun das Natronthal zu besuchen, wobei uns die Direktion der dortigen Salt and Soda Co. ihre Unterstützung zusagte. Wir trafen schon am 24. Februar abends bei der Fabrik dortselbst mit Hilfe der von Katátbeh in das Thal führenden Kleinbahn

der Gesellschaft ein und erfreuten uns dort der bereitwilligsten Unterstützung der Angestellten der Compagnie, so dass wir in mehreren Tagen unsere geologisch-paläontologischen Studien durchzuführen im Stande waren und ich auch einige Plankton-Fangzüge in den Salzseen machen konnte.

Nach Kairo zurückgekehrt fuhren wir dann am 4. März von einem Diener begleitet mit der Bahn nach Wasta. Dort mieteten wir drei Esel mit Treibern und einen Wasserträger und machten einen zweitägigen Ausflug in die östliche Wüste, wo wir südlich des Uadi Ramlieh im unteren Mokáttam nach Fossilien suchten und zahlreiche schöne Fischzähne erbeuteten. Direkt von Wasta aus fuhren wir endlich mit der Bahn nach Luxor, wohin zu kommen uns Professor Schweinfurth aufgefordert hatte. Mit ihm unternahmen wir dort einen Ausflug nach Qurna zur Untersuchung der dortigen Fundorte prähistorischer Artefakte. Ich musste leider schon am 9. März nach Kairo zurückkehren, um meine zoologischen Sammlungen zu vervollständigen und am 15. nach Europa heimreisen. Mein Reisegefährte machte jedoch bei Luxor mit Professor Schweinfurth noch mehrere geologische Exkursionen und dann auch einige bei Kairo und fuhr erst am 21. März nach Triest ab.

Unsere Fossilfunde, die wir an die paläontologische Staatssammlung in München ablieferten, umfassen hauptsächlich der Absicht unserer Reise entsprechend Wirbeltier-Reste und zwar solche von Hai- und Knochenfischen aus dem Unter-Mokáttam des Uadi Ramlieh, dem Ober-Mokáttam nördlich der Birket-el-Qerûn und dem Pliocän des Natronthales, von Schildkröten und Krokodilen aus den letzteren beiden Stufen sowie aus obereocänen Schichten nördlich von Qasr-es-Saga und endlich von Schlangen, Waltieren und Seekühen aus dem Ober-Mokáttam nördlich der Birket-el-Qerûn und von Landsäugetieren von ebenda sowie aus dem dortigen Obereocän und dem Pliocän am Fusse des Gart Muluk im Natronthale. Leider wurde unsere paläontologische Ausbeute dadurch beeinträchtigt, dass die Hauptfundplätze am Qerûn See und am Gart Muluk schon abgesucht

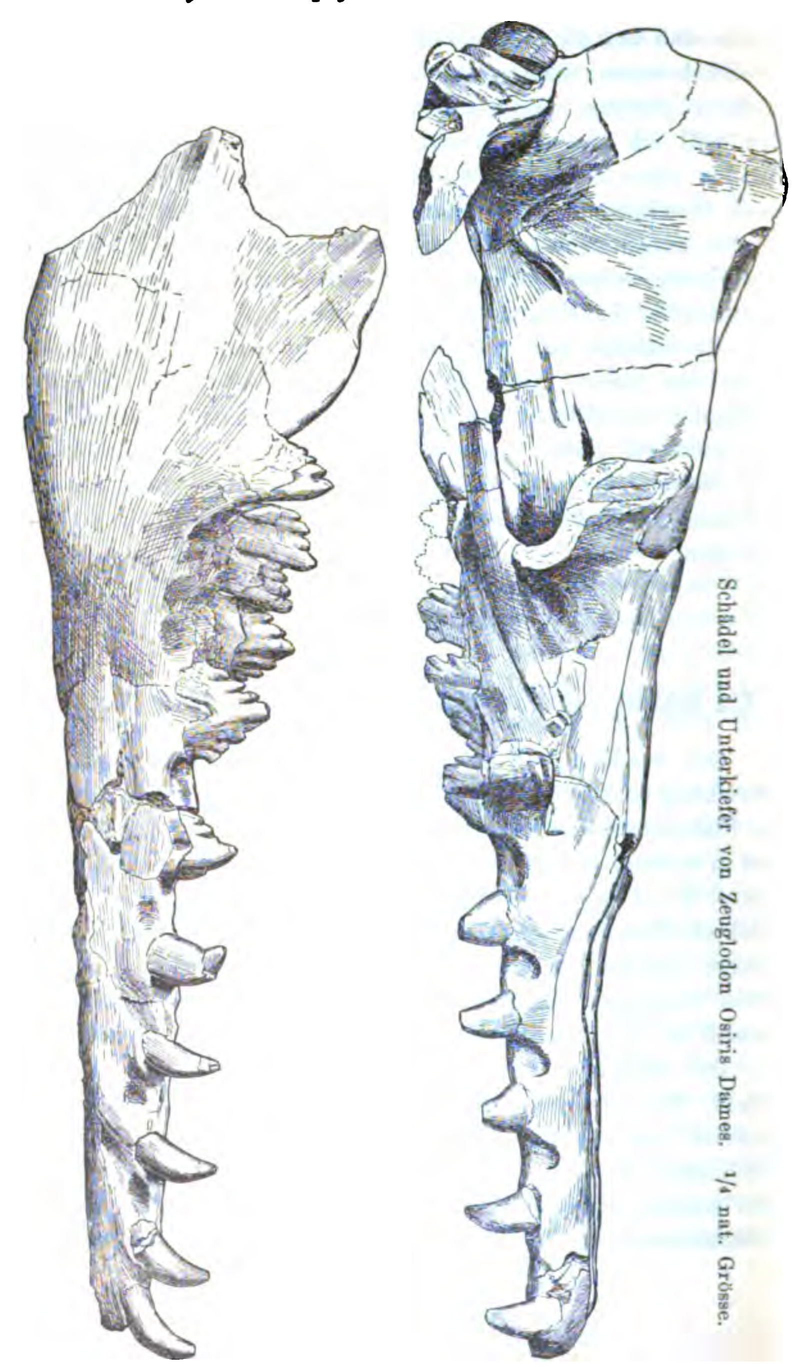
waren und dass die Stücke teils sehr verwittert teils recht zerbrechlich waren, doch gelang es immerhin viele recht wertvolle Reste zu bergen. Diese sind noch in Bearbeitung, im Folgenden will ich nur eine kurze Beschreibung eines der besten Stücke, eines Zeuglodon-Schädels, geben. Ausserdem wurden noch Conchilien und Gesteinsproben gesammelt und zahlreiche Profile aufgenommen, die meinem Reisegefährten zur Vervollständigung seiner geologischen Beobachtungen dienen, deren Resultate er im Folgenden bringen wird.

Es erübrigt mir nur noch auch im Namen meines Kollegen der hohen Akademie der Wissenschaften für die Bewilligung von Mitteln, der Direktion des österreichischen Lloyd für gewährte Fahrpreisermässigung, sowie all den Behörden und Herren, die uns direkt oder indirekt unterstützt haben, insbesondere Herrn Geheimrat v. Zittel, unseren Dank auszusprechen.

Ein Schädel und Unterkiefer von Zeuglodon Osiris Dames.

Der Schädel, von welchem ich hier eine vorläufige Beschreibung und Abbildung gebe, wurde von mir am Westrande der Plateaubucht nördlich von Dimeh gefunden. Er lag isoliert und in mehrere Stücke zerbrochen auf einer Terrasse im unteren Drittel des Plateauabfalles in grauem, z. Z. rotgelbem Mergel (nach Dr. Blanckenhorn unterer Knochenhorizont der Stufe II 5 a). Infolge starken Gipsgehaltes desselben ist das Fossil leider etwas verdrückt und die Oberfläche sowie der Zahnschmelz speziell an den kegelförmigen Zähnen grossenteils zerstört.

Der Schädel ist von rechts oben her etwas schief verdrückt, die hinteren Backzähne sind beiderseits nach innen gepresst und die Jochbogen sowie die Ohrregionen sind unvollständig. Ein sehr grosses linkes Paukenbein lag dicht bei dem Schädel. Der rechte bis auf das Gelenkende vollständige Unterkieferast war in seiner natürlichen Lage an den Schädel



Schädel und Unterkiefer von Zeuglodon Osiris Dames. 1/4 nat. Grösse.

angepresst, er ist aber wie der linke hinter dem ersten Zackenzahn zerbrochen und etwas auseinander gezerrt. Von dem anderen Ast, der etwas verschoben am Schädel lag, fand ich auch das Gelenkende, während sein Symphysenteil offenbar zerstört war, denn ich konnte davon nur drei isolierte Kegelzähne am Schädel liegend entdecken.

Wie die am Schlusse angegebenen Maasse zeigen, ist der Unterkiefer nur wenig grösser als der von Dames (Paläont. Abh. Bd. V, Jena 1894, pag. 189 ff., Taf. 30) beschriebene von Zeuglodon Osiris, der im gleichen Horizont einige Stunden weiter westlich von Schweinfurth gefunden wurde. Ich habe in Betreff des Unterkiefers die Angaben von Dames nur in wenigem zu ergänzen und zu berichtigen.

Das nur schlecht erkennbare Hinterende der sehr langen Symphyse ist wohl unten durch ein kleines Eck unter der Mitte des rechten ersten Zackenzahnes angedeutet. Die Abstände der Kegelzähne sind nicht ganz gleich, diese sind alle ein wenig nach hinten innen gekrümmt. An dem zweiten Kegelzahn kann ich keine Kante hinten erkennen, der letzte ist stärker als die anderen, etwas mehr oval im Querschnitt und eine Teilung seiner Wurzel innen durch eine Furche nur eben angedeutet. Die Grube hinter dem ersten Zackenzahn ist deutlich länger als Dames fand, vielleicht vor allem, weil Brüche hier durchgehen. An dem 2. linken Zackenzahn und am 3. beiderseits fand ich hinten unten noch eine ganz kleine 4. Zacke, die oberste hintere am 4. Zackenzahn ist deutlich und am 5. hinten unten eine kleine 3. Zacke ausgebildet.

Die Vorderseite des 1. Zackenzahnes ist kaum sehr scharf, die des vierten aber scharf statt gerundet. Am sechsten ist die Rinne für den vorletzten Zahn buccal nur schlecht begrenzt, da hier eine Kante kaum ausgebildet ist, auch ein Basalhöcker ist nicht vorhanden. Ein Cingulum endlich sehe ich nur am dritten rechten Zackenzahn buccal hinten angedeutet und der Schmelz ist ganz fein senkrecht gestreift.

Der Processus coronoideus steigt direkt hinter dem letzten Zahn jedoch nicht steil an und ist im Gegensatz zu dem der typischen Zahnwale wohl entwickelt. Der Condylus ist nur wenig höher als breit und nur etwas von oben nach unten konvex, sein inneres oberes Eck springt deutlich vor.

Die oberen Kegelzähne entsprechen in Zahl und Form den unteren, sie nehmen nach hinten an Stärke zu und am fünften ist lingual auch eine Teilung der Wurzel eben angedeutet, die Wurzel aber thatsächlich einfach. Die ersten sind nicht ganz vorn und nicht wie die unteren dicht aneinander gerückt. Die Abstände der Zähne sind übrigens auch hier nicht ganz gleich.

Die Kronen der meisten Zackenzähne sind leider etwas lädiert oder abgebrochen, durch gegenseitige Ergänzung der beiderseitigen Zähne lässt sich aber die Form fast stets feststellen.

Der erste zweiwurzelige Zackenzahn bildet auch hier ein ziemlich gleichschenkeliges Dreieck, an seiner scharfen Vorderkante sind wahrscheinlich 3 kleine, an seiner Rückkante 3 grössere und nach unten klein werdende Zacken ausgebildet. Die Lücke zwischen ihm und dem nächsten Zahn ist links sehr gering, rechts wohl infolge von Verdrückung überhaupt nicht vorhanden, die weiteren Zähne stehen wie unten dicht aneinander gedrängt. Der zweite nur links vorhandene Zackenzahn ist wohl nur durch Verdrückung ganz ungleichschenkelig, er besitzt vorn mindestens 3, hinten 2 deutliche und unten eine ganz kleine Zacke und buccal vorn anscheinend ein ganz schwaches Cingulum.

Der dritte Zackenzahn ist wieder ziemlich gleichschenkelig und besitzt vorn 2, hinten 3 deutliche Zacken, welch letztere nach unten zu kleiner werden. Die 2 letzten Zähne, nur links erhalten, sind deutlich kleiner als die vorderen, fallen nach vorn etwas steiler als nach hinten zu ab und besitzen vorn eine, hinten 2 deutliche Zacken.

Was nun die Zahnformel anlangt, so lässt die deutliche Naht zwischen Ober- und Zwischenkiefer erkennen, dass hier

wie bei den bisher beschriebenen Zeuglodon-Arten oben und unten 3 Eckzahn-ähnliche Incisivi vorhanden sind, und dass im Gegensatz zu fast allen Angaben der 1. Prämolar kegelförmig mit ungeteilter Wurzel ausgebildet ist. Ob man die 3 weiteren oben und unten ziemlich gleichschenkelig ausgebildeten Zackenzähne als Prämolaren und die letzten 3 Zähne unten, resp. 2 oben, als Molaren betrachten darf, lässt sich mit Sicherheit nicht angeben.

Wie vorn am Unterkiefer, so finden sich auch oben Gruben für die Spitzen der opponierten Zähne, die vorderste liegt vor dem 1. Zahn, die weiteren bis zum 1. Zackenzahn befinden sich buccal, die letzten aber lingual. Die Grenze von Ober- und Zwischenkiefer am harten Gaumen lässt sich leider nicht erkennen, dieser bildet zwischen den drittletzten Backzähnen wie beim Delphin einen stumpfen Winkel, er ist hier verdrückt, so dass sich nicht feststellen lässt, ob nicht Lücken vorhanden waren. Da das Gaumendach noch mindestens 0,05 m hinter die letzten Zähne reichte und die seitliche Begrenzung der Choanen als allerdings schwache Kanten an der Schädelbasis fortgesetzt sind und auch der Seitenrand des Basioccipitale ähnlich wie beim Delphin vorspringt, ist die Schädelunterseite, soweit erkennbar, ziemlich Denticetenähnlich ausgebildet.

Das isoliert bei dem Schädel gefundene Paukenbein ist im Verhältnis zu diesem sehr gross, so dass nicht sicher ist, ob es zu ihm gehört, es gleicht so ziemlich dem von Joh. Müller in seiner Monographie über Zeuglodon Tafel II abgebildeten, lässt aber die beim Delphin deutliche Einkerbung am Hinterende erkennen, während der zapfenförmige Vorsprung am freien Rande wohl abgebrochen ist.

Der Hirnschädel und die Schläfengruben haben gar nichts Walfisch-ähnliches, sie gleichen vielmehr, speziell von oben gesehen, im allgemeinen Habitus auffällig denjenigen von Otaria. Die Condyli occipitales sind viel deutlicher abgesetzt als beim Delphin, stark konvex und laufen ventral gegen die Mediane spitz zu. Die Crista occipitalis und sagittalis springt ähnlich wie

bei Otaria stark vor, das Hinterhaupt ist etwas konkav und median kaum mit einer Kante versehen, rechts ist deutlich die Naht des stark seitlich ausgedehnten Occipitale laterale mit dem Squamosum zu sehen, oben wie an den Schläfengruben sind aber leider keine Nähte erkennbar.

Letztere sind sehr weit und nicht von den Augenhöhlen abgegrenzt, diese aber sind vorn wie beim Delphin von seitlich stark vorspringenden Fortsätzen der breiten Stirn überdacht und hier ziemlich klein, ihr Vorderrand liegt ober dem des letzten Backzahnes. Der die untere Begrenzung bildende Jochbogen war wohl wie beim Delphin ziemlich gerade, ist vorn stabförmig, hinten aber am Squamosum stark und seitlich platt. Das nur zum kleinen Teil erhaltene Gelenk für den Unterkiefer sah wahrscheinlich in der Hauptsache nach vorn.

Die sehr gut sichtbare Umgrenzung der Nasenbeine zeigt, dass deren Hinterende ungefähr ober dem Rostralrande der Augenhöhle und das Vorderende ober dem des 1. Zackenzahnes liegt. Die Prämaxillen reichen als schmale Streifen bis neben die Mitte dieser Knochen, während die Naht zwischen den Stirn- und Oberkieferbeinen wohl von deren Hinterende ausgehend zur Seite herabläuft. Die Prämaxillen begrenzen die nach vorn in eine schmale Furche auslaufende Nasenöffnung seitlich und besitzen an dieser Furche eine vorn und hinten verlaufende Längskante. Die Naht endlich zwischen ihnen und den Oberkiefern lässt sich sehr deutlich bis zu der Grube für die Spitze des unteren Eckzahns hinter dem 3. Kegelzahn verfolgen, wie sie auch bei Squalodon und manchmal auch bei recenten Delphinen verläuft. Die scharfe lange Schnauze ist also wieder etwas Zahnwal-ähnlich.

Maasse in Metern.

Unterkiefer.

Abstand der Spitze von dem Vorderrand des 1. Zackenzahnes	0,25	
„ von da bis zum Hinterrand des 6. „	0,235	
Länge der Zahnreihe vom 2.—6. Zackenzahn . . .	0,178	(0,174)
Dicke des Kiefers vor dem 2. Kegelzahn	0,024	
„ „ „ „ „ 1. Zackenzahn . . .	0,031	(0,03)

Höhe des Kiefers unter dem 2. Kegelzahn	0,038
„ „ „ „ „ 1. Zackenzahn	0,058
„ „ „ „ „ 6. „	0,115 (0,116)
„ „ „ am Proc. coronoideus	0,185 (0,18)
Abstand der 1. und 2. Zahnalveole	0,012
„ „ Alveolen bis zum 1. Zackenzahn . . .	0,029—0,025
Grube hinter dem 1. Zackenzahn	0,024 (0,022)
Längsdurchmesser der Alveolen der Kegelzähne . .	0,02—0,025
Querdurchmesser „ „ „ „	0,016—0,017
Länge der Basis des 1. Zackenzahnes	0,036 (0,038)
„ „ „ „ 2. „	0,05 (0,049)
„ „ „ „ 3. „	0,051
„ „ „ „ 4. „	0,028 (0,027)
„ „ „ „ 5. „	0,026
„ „ „ „ 6. „	0,028
Condylus sinister grösste Höhe	(0,033)
„ „ „ Breite	(0,032)

Schädel.

Länge von der Schnauze bis zum For. magnum . .	0,68
„ des harten Gaumens, mindestens	0,52
Breite des Gaumens am 5. Kegelzahn, ungefähr . .	0,038
„ grösste am Proc. zyg. Squamosi „ . .	0,28
„ „ der Stirn, ungefähr . .	0,24
Entfernung der Schnauze vom hinteren Nasenlochende .	0,28
„ von da bis zur Mitte der Crista occip. . .	0,36
Länge der Nasenbeine	0,16
„ des linken Zwischenkiefers, ungefähr . . .	0,345
Höhe des Hinterhauptes vom Oberrand des For. magnum zur Mitte der Crista occip., ungefähr . . .	0,13
Längsdurchmesser der Basis des 2. Kegelzahnes . .	0,02
„ „ „ „ 5. „	0,025 (0,022)
Querdurchmesser „ „ „ 5. „	0,016
Länge der Basis des 1. Zackenzahnes	0,043 (0,042)
„ „ „ „ 2. „	0,051 (0,042)
„ „ „ „ 3. „	0,039
„ „ „ „ 4. „	(0,024)
„ „ „ „ 5. „	(0,02)
Abstand des Vorderrandes des 1. und 6. Zahnes . .	0,265 (0,257)
„ von da bis hinter den letzten Zahn . . .	(0,183)
Zahnreihe-Länge vom 2. bis letzten Zackenzahn . .	(0,127)

Linkes Paukenbein.

Grösste Länge	(0,072)
„ Breite	(0,05)

(Die links abgenommenen Maasse sind in Klammern angegeben, wo sie von den anderen abweichen oder wo diese nicht abnehmbar sind.)

Neue geologisch-stratigraphische Beobachtungen in Aegypten.

Von **Max Blanckenhorn.**

(*Eingelaufen 8. November.*)

Die bisherige geologische Erforschung Aegyptens hat, trotzdem sie gerade im letzten Jahrzehnt durch die Studienreisen und Aufsammlungen Schweinfurths, Mayer-Eymars, Sickenbergers, Fourtaus, Hulls, E. Fraas und anderer Forscher und die Aufnahmsarbeiten der 1896 neu gegründeten Geological Survey of Egypt unter Captain Lyons Direktion, an denen ich selbst mich auch 2 Jahre beteiligte, ganz ungeahnte Fortschritte gemacht hat, doch noch viele offene Fragen und Lücken in der Erkenntnis der geologischen Vergangenheit Aegyptens gelassen. Auf meiner diesjährigen, mit wohlwollender Unterstützung der Königlich Bayerischen Akademie der Wissenschaften gemeinsam mit Herrn Privatdozent Dr. Stromer v. Reichenbach unternommenen Reise nach Aegypten bemühte ich mich, einer Lösung wenigstens eines Teils dieser Fragen nachzugehen und den Besuch solcher Punkte in das Reiseprogramm aufzunehmen, die neue geologisch-stratigraphische Ergebnisse versprachen.

Schon die am besten bekannte, weil leicht erreichbare Umgegend von Kairo, die einen der geologisch interessantesten, paläontologisch reichsten Teile Aegyptens darstellt, bietet für den Geologen eine Fülle von anregenden Fragen und Rätseln, die noch nicht in vollkommen befriedigender Weise gelöst sind. Von der östlichen Nilseite nenne ich hier nur folgende Themata: das Schichtenprofil des Eocäns am Gebel el-Ahmar,

an den Mosesquellen, am Bir el-Fahme und am Gebel Turra und Hof; die Veränderungen im Profil der Eocänschichten in nordsüdlicher und westöstlicher Richtung; die nördliche Verbreitungsgrenze der eocänen Mokattamstufe; das genaue Alter des Gebel Ahmar-Sandsteins und der Versteinerten Wälder; das eventuelle Vorkommen fossiler Knochen zwischen den Versteinerten Wäldern; das genaue Alter des Basalts von Abu Zabel und der übrigen Basalteruptionen im N. der Arabischen Wüste, die gangförmigen Sandsteinbildungen daselbst, das westlichste Vorkommen des echt marinen Miocäns; das Alter der Dünen von Khanka; die tektonischen Verhältnisse im südlichen Mokattamgebirge.

Auf dem linken Nilufer tauchen wieder andere Fragen auf: Gehören die tiefsten Kreideablagerungen unter der Gaʿa-Pyramide dem Cenoman oder Turon an? Wie ist das Eocän und Oligocän im NW. von Abu Roasch beschaffen? Welche Schichten des Eocäns enthalten die von Fourtau, Cossmann und Prien beschriebenen Seeigel, Konchylien und Fischreste am Gebel Kibli el-Ahram? Gibt es marines Miocän im S. der grossen Pyramiden? Bilden die Clypeastersandsteine am Gebel Schellul eine besondere Pliocänstufe unter den Sanden mit Ostrea cucullata?

In weiterer Entfernung von Kairo verdienten zunächst die stratigraphischen und tektonischen Verhältnisse im Pliocän des Wadi Natrūn weitere Aufmerksamkeit. Seit Russeggers Besuch im Jahre 1836 war dieses Thal nur höchst selten und dann immer ganz flüchtig von Geologen besucht worden, so von Sickenberger 1892, von Lyons 1894, von Beadnell 1897, von mir 1898 (auf nur 2 Nächte), von Barron und Andrews 1901.

Auch die übrigen nördlichen Teile der Libyschen Wüste bedürfen noch sehr der geologischen Erforschung. Ganz besonders gilt das für das Dreieck zwischen dem Wadi Natrūn, den Pyramiden von Gizeh, dem Nilthal und dem nördlichen Fajūmrand, das auch von der Geological Survey of Egypt noch nicht ernstlich in Angriff genommen worden ist, obwohl es vor den Thoren Kairos gelegen ist. Im NW. der Birket el-Qerūn interessieren die dort durch ihren Fossilreichtum

geradezu berühmten Oberen Mokattamschichten, ebenso wie die höheren fluviomarinen obereocänen und oligocänen Ablagerungen mit ihren Basalten und die tektonischen Verhältnisse.

Im südlichen Oberägypten bedarf die Konchylienfauna der Grenzschichten zwischen Kreide und Eocän, der Kurkurstufe und der Esnehschiefer bei Theben, aus denen sich bisher so gut wie nichts in Deutschen Sammlungen befand, noch gründlicher Studien. Das Vorkommen und die Entstehung der roten Breccien ist noch aufzuklären, weiterhin die Herkunft des Natrons im südlichen Natronthal bei el-Qab und bei Bir Malha im S. der Selima-Oase in Oberägypten, ebenso wie im Wadi Natrūn und Wadi Tumilāt. Die Diluvialterrassen des Nilthals mit ihren eingeschlossenen Artefakten spielen für die wichtige Frage nach dem relativen Alter und der Kultur des paläolithischen Menschen in Aegypten eine ausschlaggebende Rolle.

Es könnten noch viel mehr derartige lösenswerte Fragen der Geologie Aegyptens aufgezählt werden. Die angeführten genügen, um zu zeigen, dass Aegypten, speziell die Umgebung des Nilthals ausser rein paläontologischen auch zahlreiche geologische Forschungsziele bot, die eine wissenschaftliche Studienreise lohnend und interessant machen konnten. Es versteht sich von selbst, dass wir während eines 2½monatlichen Aufenthaltes in Aegypten nur für einen Teil dieser mannigfachen Themata die nötige Zeit zu Studien und Beobachtungen fanden.

Die geologischen Ergebnisse unserer Reise verteilen sich sachlich geordnet in 7 Kapitel. Sie bringen Neues zur Kenntnis:

1. der Grenzschichten zwischen Kreide und Eocän im Nilthal,
2. der Mokattamstufe oder des Mitteleocäns,
3. des Obereocäns und Oligocäns,
4. der Basalte der Libyschen Wüste,
5. des Neogens und Quartärs im Nilthal,
6. des Pliocäns im Wadi Natrūn,
7. der tektonischen Verhältnisse.

1. Ueber die Grenzschichten zwischen Kreide und Eocän in Aegypten.

Im Jahre 1868 machten Delanoüe und d'Archiac[1]) in einer Beschreibung eines geologischen Profils der Gegend von Theben auf eine paläontologisch besonders ausgezeichnete Schicht von Blättermergeln aufmerksam, welche an der Basis der dortigen Plateauabfälle in einer Mächtigkeit von 31 m erscheint und eine Schicht weissen, fossilleeren Kreidekalks zur Unterlage hat. Es sind aschgraue Mergel oder Papierschiefer, biegsam wie Papiermaschee mit vielen Konkretionen und Muschelsteinkernen von Brauneisenstein. Die Fauna dieser Schicht 5 des Delanoüe'schen Profils ist lokal, speziell bei Theben ungewöhnlich reichhaltig. D'Archiac[2]) identifizirte nach Delanoües Aufsammlungen mehr als 40 Formen von kleinen Mollusken, Seeigeln, Crinoiden und Einzelkorallen mit bekannten Arten des Londonthons der Themse, der sandigen Thone von Bracklesham und der ältesten Nummulitenschichten Europas. Diese Liste bedarf heute sicher einer Revision.

v. Zittel,[3]) der die in Paris aufbewahrten Originale Delanoües und d'Archiacs einer flüchtigen Prüfung unterzog, hielt jene Schichten für Aequivalente seiner obersenonen Blättermergel der grossen Oasen, die ja ebenso wie die Fauna der dortigen obersten weissen Kreide einen halbeocänen[4]) Charakter besitzt. Doch machte er selbst keine Aufsammlungen darin. Auch sonst ist seitdem von weiteren Funden oder paläontologischen Studien in diesen Schichten nichts besonderes bekannt geworden. Wunderbarerweise scheint Mayer-

---

[1]) Note sur la constitution géol. des environs de Thèbes, presentée par d'Archiac.

Compt. rend. hebd. des séances de l'acad. des sc. 1868. Paris.

[2]) Remarques à propos de la communication de Delanoüe sur les foss. des environs de Thèbes. Ibidem p. 707.

[3]) Beiträge zur Geologie der Lib. Wüste. Palaeontogr. XXX, Vorwort, p. 78 und 103.

[4]) Wanner. Die Fauna d. oberst. weiss. Kreide d. libyschen Wüste. Palaeont. XXX. 1902. S. 92.

Eymar, soweit mir bekannt, hier nicht zum Sammeln gekommen zu sein. In seinem System des Tertiärs würde es wohl, vermute ich, unter sein Suessonianum II fallen.

Fourtau[1]) sprach 1900 die Meinung aus, dass die Blättermergel von Theben eine pelagische Facies der untersten Suessonienstufe repräsentiren, welche weiter südlich in der Oase Kurkur in litoraler Facies als Thon mit Bothriolampas abundans, May.-Eym. sp., und anderen Fossilien entwickelt seien.

Diese charakteristische 5 m starke Schicht von gelbem Mergelthon war zuerst von Willcocks und Sickenberger zwischen der Oase Kurkur und dem Gebel Garra westlich Assuan sowie auch an den Dungulquellen entdeckt und später von Mayer-Eymar untersucht worden. Sie führt Seeigel, Austern und andere Mollusken in Form von ockergelben, kalkigen Steinkernen oder schlecht erhaltenen Schalen, sowie das im Eocänkalk oder Mergel Aegyptens die Regel ist. Dabei gehören die Formen mit Ausnahme des Bothriolampas alle den im Eocän herrschenden Gattungen, zum Teil auch denselben Arten an. Dass es sich bei Theben und Kurkur um 2 ganz verschiedene Facies handelte, war klar.

In Ermangelung von prüfbarem paläontologischem Material von Theben schloss ich mich 1900 mit Vorbehalt vorläufig Fourtaus Meinung an und betrachtete die Blättermergel des Nilthals als heteropisches Aequivalent meiner „Kurkurstufe".[2]) Mit letzterer eröffnete ich im Anschluss an Mayer-Eymar, der die Kurkurstufe als Suessonianum I bezeichnet hatte, die Reihe der Untereocänstufen, die so auf die Zahl drei (Kurkurstufe, Untere und Obere Libysche Stufe) erhöht war.

Die englisch-ägyptischen Geologen Beadnell, Barron und Ball kamen bezüglich des Alters der Blättermergel im Nilthal, die sie von Esneh bis Qeneh verfolgten, zu der nämlichen Auffassung und einigten sich für dieselben nach einem typi-

[1]) Observations sur les terr. eocènes et oligocènes d'Egypte. Bull. soc. géol. France. (3) XXVII, 1900, S. 481.

[2]) Zeitschr. d. Deutsch. geol. Ges. 1900, p. 405.

schen Vorkommen über den Namen „Esnehschiefer", den sie auf dem Pariser Internationalen Geologen-Congress 1900 in Vorschlag brachten. Die eigentlichen Kurkurschichten blieben ihnen hingegen unbekannt.[1])

Ihre Esnehschiefer haben nun die genannten Geologen auch in der Oase Chargeh (hier 80 m stark) und Farafra (hier in der ungewöhnlichen Mächtigkeit von 150 m) wieder zu erkennen geglaubt. Diese Identificirung muss vor näherer paläontologischer Begründung auf einige Zweifel stossen. Was die dem Nil zunächst gelegene Oase Chargeh betrifft, so war auch Mayer-Eymar auf Sickenbergers Beobachtungen hin geneigt dortselbst ein Suessonianum II d. h. tiefes Untereocän speziell im NNW der Oase am Gebel Ramlieh anzunehmen. Ball, der die Oase am genauesten untersuchte, erklärt seine Esneh-Schiefer, die nur am Ostrand der Oase Chargeh deutlich ausgebildet sein sollen, für versteinerungsleer, hat also jedenfalls nichts darin gesammelt, so dass sich vorderhand nichts weiter darüber sagen lässt.

In der Oase Farafra hatte v. Zittel den ganzen Abhang des Plateaus von el-Guss Abu Said zum Typus seiner Libyschen Stufe erhoben, deren grösster Theil von dunkelgrünen Mergeln eingenommen war. Die von v. Zittel gegebene Faunenliste dieser Schichten (darunter Operculinen, Nummuliten) schliesst sich in vieler Beziehung aufs engste an die höheren Teile der Libyschen Stufe und unterscheidet sich durchaus von der Liste der Blätterthone von Theben bei d'Archiac, so dass diese beiden jedenfalls gar nicht verwechselt werden können. Beadnell[2]) hat trotzdem diese 100—150 m Schieferthone unter den eigent-

[1]) In einer soeben erschienenen Publikation des Survey Department: On the topographical and geological results of a reconnaissance-survey of Jebel Garra and the Oasis of Kurkur. Cairo 1902 von J. Ball wird auf die gelben Suessonienthone mit „Rhynopygus (!) abundans" von Kurkur nur mit wenigen Worten negativen Inhalts eingegangen, indem der Verf. diese geologisch zweifellos interessanteste Schicht der Kurkur-Gegend gar nicht gesehen hat.

[2]) Farafra Oasis: Its topography and geology. Geolog. Survey Report 1899. III. Cairo 1901, p. 20.

lichen Alveolinenkalken oder dem Plateau Limestone von der Libyschen Stufe Zittels abgetrennt und ihr als (eocäne) Esneh-Schiefer gegenübergestellt. Das widerspricht allen Regeln der Nomenklatur und ist eine sträfliche Vernachlässigung des paläontologischen Moments.

Nur an einigen Stellen, so 8 Kilometer westlich Farafra, beobachtete Beadnell an der Basis des Thonkomplexes Blätterthone mit Brauneisenstein-Fossilien, die angeblich [1]) kretaceischen Gattungen angehören. Es sind nach meinen eigenen früheren Bestimmungen und Notizen dazu: Einzelkorallen neuer Gattung der Familie der Eupsammiden (jetzt Palaeopsammia Wanner), Trochocyathus sp., Macropneustes sp., Nucula (wohl chargensis Quaas), Leda (leia Wann.), Axinus (cretaceus Wann.), Natica (farafrensis Wann.?), Alaria (wohl Schweinfurthi Quaas?), Cinulia (Ptahis Wann. sp.), Cassidaria sp., Trochus sp., Voluta sp., Pleurotoma (?) sp.: Das sind lauter Formen, wie sie die tieferen obersenonen Blättermergel unter der weissen Kreide charakterisiren.

Diese 3—5 Meter Blätterthon [2]) allein, welche Beadnell der Kreide zurechnet, wäre er berechtigt gewesen als Esneh-Schiefer zu bezeichnen, nicht aber die höheren 150 Meter. Denn sowohl d'Archiacs Liste als Beadnells [3]) eigne kurze Angabe über die Fauna der Esnehschiefer („Nucula, Leda, Aturia, Nautili") passt auf diese kretaceischen Schichten, nicht auf die höheren, sicher eocänen.

Legt man die bisherigen Kenntnisse, die wir von dem stratigraphischen und paläontologischen Charakter der Blättermergel der Gegend von Theben und Esneh haben, zu Grunde, so kann man unter Esneh-Schiefer nur eine Stufe oder Schicht in der Facies der Blättermergel verstehen, welche über dem weissen Kreidekalk mit Ananchytes ovata, Schizorhabdus liby-

---

[1]) l. c. p. 21.

[2]) „green shaly clays with numerous fossils in ironstone."

[3]) Recent Geolog. Discoveries on the Nile Valley and Libyan Desert 1900, p. 5 und Compte Rendu du VIII Congrès Géolog. International 1900. Paris. 2 fasc. p. 842.

cus etc. und unter der Libyschen Stufe Zittels mit Operculina libyca, Alveolinen und Nummuliten liegt. Die Fauna wäre nicht eocän, wie die der Libyschen Stufe, sondern vorwiegend kretaceisch und schlösse sich aufs engste an diejenige der Blättermergel des Oberdanien der Oasen an.

Nachdem letztere jetzt von Quaas genau untersucht und beschrieben ist, erscheint nun ein Vergleich der Fauna der wirklichen Esnehschiefer höchst wünschenswert.

Es gelang mir, während meines diesjährigen Aufenthaltes in Luxor einen Fossilienfundort ausfindig zu machen. Er liegt über dem Fuss des Gebirgs-Steilabfalls hinter dem Hügel von Scheich Abd el-Qūrna zwischen Dēr el-Bahri und Dēr el-Medīne etwa an der dortigen Wasserscheide. Dann machte ich noch Herrn Professor Schweinfurth auf diesen Abhang aufmerksam, der nachher noch mit viel Erfolg hier gesammelt hat.

Fig. 1.

⊙ Petrefakten.
B. = Breccie.
L. = Knollenkalk der Libyschen Stufe.
E. = Esneh-Schiefer.
SA. = Hügel Scheich Abd el-Qūrna.

Diese zusammengebrachte Ausbeute übergab ich Herrn Dr. Paul Oppenheim in Charlottenburg, der sie unter Benützung der Monographieen von Wanner und Quaas einer genauen Prüfung unterzog. Das Ergebnis derselben waren die folgenden Bestimmungen:[1])

---

[1]) Die Beschreibung dieser Fauna folgt unten in besonderem Anhang.

Palaeopsammia Zitteli Wann.
Pattalophyllia aegyptiaca Wann. sp.
Pentacrinus sp.
Terebratulina chrysalis Schloth.
Limea Delanoüei Opp. n. sp.
Leda leia Wann.
Leda cf. Zitteli J. Böhm.
Nucula sp. cf. chargensis Quaas.
Axinus cretaceus Wann.
Neaera aegyptiaca Opp. n. sp.
Trochus sp. aff. margaritifer J. Böhm.
Natica farafrensis Wann.
Eulima Wanneri Opp. n. sp.
Cerithium abietiforme Wann.
Alaria sp. Quaas.
Voluta (Scaphella) aegyptiaca Wann.
Cinulia Ptahis Wann. sp.
Aturia praeziczac Opp. n. sp.
Nautilus desertorum Zitt.
Lamma? sp. aff. Vincenti Winkl.

Die Uebereinstimmung dieser Fauna mit derjenigen der Danien-Blättermergel unter der weissen Kreide ist danach überraschend. 13 Arten sind identisch mit kretaceischen der Oasen, darunter befinden sich ganz charakteristische Kreidetypen wie besonders die Cinulien. Zwei Formen schliessen sich an Arten der Siegsdorfer Kreide im südlichen Bayern an. Nur 4 Arten sind neu. Darunter würde allerdings Aturia auf die Eocänformation verweisen. Aber eine genaue Prüfung ergab, dass die vorliegende Art jedenfalls nicht unbedingt identisch ist mit bekannten Eocänarten, im besonderen A. ziczac, wie d'Archiac glaubte, sondern eine Art Vorläufer davon darstellt.

Auch südlich Qeneh hat Schweinfurth ebenso wie Beadnell die Blätterschiefer beobachtet und ersterer daraus schon früher am Nordabfall der Berge von Taramsah die nämlichen Früchte von Diospyros gesammelt, welche so bezeichnend waren für die Danienmergel der Chargehoase.

Auf der Ostseite des Nil in der Arabischen Wüste, so z. B. am Südende des Gebel Abu Had nordöstlich Qeneh, entwickeln sich die Esnehschiefer nach Barron und Hume[1]) in ganz bedeutender Mächtigkeit bis insgesammt 122 Meter. Eine Bank von gelbem Kalk schaltet sich hier ein und ein ähnlicher stärkerer gelber Kalk mit Mergeln erscheint an ihrer Basis. Die Mergel dieser Basiskalke, welche Barron-Hume gleichfalls noch zum eocänen Esnehschiefer rechnen, führen als charakteristischste Leitform Pecten Mayer-Eymari Newton,[2]) welcher nach meinen Untersuchungen mit der Hauptleitform der weissen Kreide von Farafra und Baharije, dem variablen Pecten farafrensis Zitt. zusammenfällt. Von meinen früheren kritischen Bemerkungen[3]) zu P. Mayer-Eymari habe ich nichts zurückzunehmen, nachdem jetzt auch Wanner nach Bearbeitung der Zittelschen Sammlung meine Auffassung vollkommen bestätigt hat. So gewinnt es den Anschein, als ob die Esnehschiefer und Kalke des Nilthals und besonders der Arabischen Wüste das Danien, das bisher von dort nicht recht bekannt war, überhaupt vertreten. Diese Vermutung wird verstärkt durch das zuerst meines Wissens von Mayer-Eymar beobachtete Vorkommen von Baculiten in den betreffenden Ablagerungen am Nil und in der Oase Chargeh. Wenn Barron und Hume die von ihnen gesammelten Proben von Esneh-Mergeln und Kalken der östlichen Wüste selbst paläontologisch etwas genauer geprüft hätten, so würden ihnen auch die darin vorkommenden Baculiten und Protocardien (neben ihrem Pecten Mayer-Eymari) nicht entgangen sein, denen sich vielleicht noch mehr unbezweifelbare Kreidetypen anreihen lassen. Und bei einer genauen Verfolgung der vertikalen Verbreitung des Pecten farafrensis würden sie diesen auch schon im Campanien, ihren Phosphat-haltigen Bonebeds etc. wahr-

---

[1]) Compte rendu du VIII Congrès Géol. Internat. 1900, p. 882.

[2]) B. Newton. Notes on some Lower Tertiary Shells from Egypt. Geol. Mag. Dec. IV, Vol. V, N 414. 1898, p. 535, pl. XIX, f. 9—11.

[3]) Geologie Aegyptens 1901. II, p. 411 und III, p. 66.

genommen haben, dagegen wohl kaum irgendwo in der Libyschen Stufe oder dem typischen Untereocän.

Nach Barron, Beadnell und Hume ist nun an vielen Orten eine deutliche Diskordanz zwischen ihren Kreideschichten und dem (eocänen?) Esnehschiefer vorhanden und diese Beobachtung grade mag wohl den Gedanken nahegelegt haben, die Grenze zwischen Kreide und Eocän unter den Esnehschiefern zu suchen. Eine glückliche Beobachtung im Felde muss aber von Geologen auch in der richtigen Weise gedeutet werden. Jede stratigraphische Einteilung ist auch paläontologisch zu begründen, sonst steht sie nur auf einem Bein. Mit dem Beobachten allein ist die Aufgabe des Feldgeologen nicht erschöpft. Ist die gesehene interessante Diskordanz der Esnehschiefer richtig, woran ich selbst durchaus keinen Anlass habe zu zweifeln, so fällt, nachdem die alte Zittel'sche Auffassung von der Zugehörigkeit der Schichten 5 und 6 in Delanoües Profil, d. h. der Esnehschiefer zur Kreide nunmehr bestätigt und erwiesen ist, die grosse Diskordanz noch innerhalb der obersten Kreide mitten ins Danien oder stellenweise d. h. im Osten gar an die Basis desselben, nicht aber an seine obere Grenze.

Als älteste Eocänschicht kann man dann immer noch jene Ablagerung mit Bothriolampas der Oasen Kurkur und Dungul, den Typus der Kurkurstufe, zwischen die kretaceischen Esnehschiefer oder deren Vertreter, die Kreidekalke mit Pecten farafrensis, Schizorhabdus libycus einerseits und die Libysche Stufe andererseits einschalten. Doch bedarf auch diese Kurkur-Fauna erst einer eingehenden paläontologischen Untersuchung. ehe man sich nach der einen oder anderen Richtung definitiv entscheidet.

2. Die Mokattamstufe.

Nach dem Vorgange von Orlebar teilt man bekanntlich diese von Zittel so benannte Eocänstufe nach ihrer Ausbildung am Mokattamgebirge bei Kairo in zwei Hauptteile, die Untere und die Obere Mokattamstufe. Nach dem herrschenden Farbengegensatz könnte man auch von einem Weissen und einem Braungelben Mokattam sprechen. Von grösster Wichtigkeit für die Trennung der beiden Abteilungen ist die auffällige Plateaustufe an ihrer Grenze, welche sowohl am Mokattam, wie auch sonst in Aegypten am schärfsten unter allen Plateaustufen innerhalb des Mitteleocäns ausgeprägt ist. Nur Schweinfurth zieht in seiner Gliederung des Mokattam den über dieser Hauptplateaustufe folgenden Tafle (= Thon) mit Cölestin noch zur Unteren Mokattamstufe.

Da die Facies in der Mokattamstufe horizontal ausserordentlich wechselt und mit ihr der Fossiliengehalt, ist es ausserordentlich schwer, eine weitere Gliederung auf grössere Entfernungen mit Erfolg durchzuführen. Das gelingt nur der systematischen Arbeit des kartirenden Geologen, der vor allem auch orographisch die einzelnen Schichten verfolgen kann.

Im Winter 1897/98 hatte ich das Glück, im Auftrage der Geological Survey of Egypt die Mokattamstufe auf dem rechten Nilufer wenigstens von der Gegend von Heluan bis Maghagha begehen und kartiren zu können. Bei dieser Gelegenheit kam ich zu dem Resultat, dass für die Untere grössere Abteilung der Mokattamstufe (I) der klassische Ausgangspunkt einer weiteren Gliederung am besten im Wadi esch-Scheich-Gebiet zu nehmen sei. Dort baut sich die Untere Mokattamstufe schon orographisch in 4 deutlichen Terrassen auf, während das Mokattamgebirge bei Kairo hier mehr einen einzigen Abfall darstellt. Dort herrscht auch eine bedeutendere Mächtigkeit und ein grösserer Fossilreichtum als am Mokattam. Das Hauptleitfossil Nummulites Gizehensis geht von den untersten bis in die obersten Schichten hinauf. Deshalb nannte ich die ganze Stufe I auch die Gizehensis-

stufe, innerhalb welcher das eigentliche Hauptlager dieses Nummuliten freilich die zweite Schichtenabteilung ist.

Die 5 hier wohl unterscheidbaren Glieder bezeichnete ich kurz als

1. Erste Mitteleocänterrasse A,
2. Eigentliches Gizehensislager, Terrasse B,
3. Haupt- oder Feuersteinterrasse C mit Milioliden, Dictyoconos Blanck. g. n. und Lobocarcinus,
4. Vorterrassen. Vorherrschend Mergel mit der „ersten Mauer",
5. „Zweite Mauer" mit Bryozoen, Terrasse D.

Ein übersichtliches Durchschnittsprofil der Unteren Mokattamstufe am unteren Wadi esch-Scheich zwischen Gebel Qarara gegenüber Maghagha und dem Dorfe Dēr el-Hadīd gegenüber Feschn gab ich bereits in Zeitschrift der Deutsch. geol. Ges. 1900, S. 423—425. Weitere genauere Profile beabsichtige ich meinem offiziellen Bericht[1]) über meine damaligen Aufnahmen des östlichen Nilgebiets beizugeben. Hier kann ich daher nicht weiter darauf eingehen.

Im allgemeinen sucht sich diese Fünfteilung möglichst an diejenige des Unteren Mokattam bei Mayer-Eymar anzuschliessen. Nur meine mächtige, meist aus fossilarmen Thonen und Mergeln gebildete Abteilung 4 entspricht nicht ganz der vierten Schicht I d bei Mayer-Eymar, einer 1—2 m starken kieselreichen Kalkschicht mit viel Konchyliensteinkernen, welche in dieser Ausbildung nur eine ganz beschränkte Verbreitung am nördlichen Mokattam hat, daher für weitere Zwecke nicht zu verwerten ist. Uebrigens begegnet überhaupt eine Begrenzung von Schichtengruppen innerhalb der oberen grösseren Hälfte des Unteren Mokattam d. h. oberhalb der Nummulites Gizehensisbank (2) ganz ausserordentlichen Schwierigkeiten, wie das schon Schweinfurth[2]) betonte. Man kann da in jedem Profil schwanken, wo zwischen Abteilung 3, 4 und 5 die Grenzen zu legen sind.

---

[1]) Geological Survey Report. Cairo 1903.

[2]) Zeitschr. d. Deutsch. geol. Ges. 1883. S. 723.

Die Obere Mokattamstufe lässt sich im Gegensatz zur Unteren am Mokattam sehr gut gliedern, da sie petrographisch aus mehrfach wechselndem, verschieden hartem Material aufgebaut ist und infolgedessen schon in den Böschungsverhältnissen deutliche und glücklicherweise konstante Unterschiede erkennen lässt. Schweinfurth teilte den Oberen Mokattam wesentlich nach orographischen Gesichtspunkten in 5, Mayer-Eymar ebenfalls nach paläontologischen in 5 Schichtenstufen. Meine Gliederung in 8 Unterstufen berücksichtigt beide Gesichtspunkte, schliesst sich aber mehr an die Schweinfurth'sche an. Eine vergleichende Tabelle dieser verschiedenen Gliederungen findet sich in meiner „Geologie Aegyptens" II Seite 440.

Eigentlich sollte das Mokattamgebirge ebenso wenig als Typus für die Obere Mokattamstufe gelten wie für die Untere. Denn nirgends ist die Obere Stufe so wenig mächtig entwickelt als am Gebel Mokattam. Im Fajūm in der Libyschen Wüste ist sie mindestens dreimal so stark und viel reicher an Fossilien, die auch eine ungleich bessere Erhaltung mit der Schale zeigen, während sie am Mokattam fast nur in Steinkernen erscheinen. Aber abgesehen davon, dass die Wüste jenseits der Birket el-Qerūn schwerer zu erreichen ist als der Mokattam, ist dort auch das Profil der Oberen Mokattamstufe infolge ihrer Mächtigkeit über grosse Entfernungen ausgezogen und schwerer im ganzen zu übersehen. So bietet das Mokattamgebirge doch noch die bequemste Gelegenheit zur Gliederung der Oberen Mokattamstufe.

Die 8 Unterabteilungen des Oberen Mokattam (II) habe ich s. Z. folgendermassen charakterisirt:

1. Gypsthon und Tafle mit Cölestin,
2. Region der kleinen Nummulitenbänke und Gastropodenbänke,
3. Unterer Caroliahorizont mit Carolien und Ostrea Cloti, schwache Stufe bildend,
4. Plicatulaschichten mit Ostrea Cloti und häufigen Plicatulen,

5. Austern-, Turritellen- und Schieferkohlenhorizont,

6. Sandkalk mit Vulsella, Carolia, Turritellen; oberer Caroliahorizont, ausgesprochene Stufe bildend,

7. Bunte Thone und Sande,

8. Deckkalk mit Echinolampas Crameri, Steinkernen von Cardien, Turritellen, selten: Plicatula, Carolia, Vulsella.

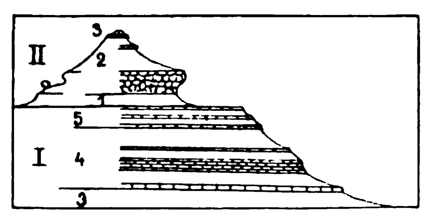
Auf unserer letzten Reise nahm ich an folgenden Orten Gelegenheit, stratigraphische Studien über die Mokattamstufe zu machen:

Auf dem rechten Nilufer in beiden Stufen am Wadi Ramlieh schräg gegenüber Wasta, am Mokattam und am Gebel el-Ahmar bei Kairo; auf dem linken Ufer nur in der Oberen Mokattamstufe im Umkreis des Fajūm und am Chēt el-Ghorāb oder Gebel Kibli el-Ahram gegenüber Kairo. Im Folgenden sei es mir gestattet, diese neu aufgenommenen Profile zusammenzustellen. Die vorn stehenden Zahlen beziehen sich auf die 13 Glieder meines Systems.

A. Rechtes Nilufer. Isolirter Zwillingshügel auf dem linken Ufer des Wadi Ramlieh. Station XXVIII meines Sheet 12. 11,2 Kilometer ostsüdöstlich Dēr el-Meimūn und 13 km südöstlich Burumbul. Höchster Gipfel dieser Gegend.

Fig. 2.

Massstab der Höhe 1:2000.

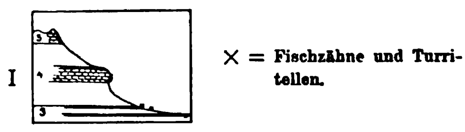


Obere Mokattamstufe (II).	3	0,50 m bröckliger Kalk, 0,80 m fester Grobkalk, gelbbräunlich, erfüllt von Nummulites discorbina, *Carolia*, *Vulsella*, Ostrea, Pecten, Cardium, Lucina, Natica, Tudicla (?), Scaphander Fortisi.

Obere Mokattamstufe (II).	2	9 m gelbliche Mergel mit kleinen Wülsten, kleine *Nummuliten*, 6 m gelber *Nummuliten*-Kalk mit groben Wülsten, Nummulites Beaumonti, sub-Beaumonti und discorbina. „Dritte Mauer".	
	1	3 m gelbe Mergel. Hier Plateaustufe.	
Untere Mokattamstufe (I).	5	1,2 m gelber Nummulitenkalk, 3,9 m gelbe mürbe Mergel im Wechsel mit Bänken von gelbem Kalk ohne Nummuliten, Lucina pharaonis,	„Zweite Mauer".
	4	6 m gelbe und weisse Mergel, 0,50—1 m weisser Kalk, 2,50 m bröckliger Mergelkalk, 2,50 m 4 knollige Bänke Kalk, 4 m verschüttet, Mergel, 3 m gelbweisse, schiefrige Mergelkalke.	„Erste Mauer".
	3	3 m verschüttet bis zum Fusse des Berges.	

B. Doppelgipfel, Station XX meines Sheet 12 auf dem linken Ufer des Hauptarms des Wadi Ramlieh, 10 km östlich von Dēr el-Meimūn und 10,8 km südöstlich Burumbul.

Fig. 3 (1:2000).



Untere Mokattamstufe (II).	5	4 m gelblicher, knotig wulstiger Kalk ohne Nummuliten; „Zweite Mauer".
	4	6 m gelbe und weisse Mergel. Hier Plateaustufe, 4 m Steilabfall aus mehreren knotig wulstigen Kalkbänken; „Erste Mauer", 7 m lockere Mergel mit Gips.

Untere Mokattamstufe (I).	3	0,05—0,10 m rotes Band aus Roteisenstein und Gips. Fischzähne (Myliobates).
		1,50—2,50 m Mergel mit Fasergips, Leda, Turritella Boghosi Cossm. (häufig), Zähne von Ginglymostoma Blanckenhorni Stromer n. sp., Oxyrhina Desori Ag., Odontaspis verticalis Ag. und cf. elegans Ag., Lamna macrota Ag. sp., Carcharodon, Galeocerdo latidens Ag., Aprionodon frequens Dam., Amblypristis cheops Dam., Myliobates, Ganoidschuppen, Coelorhynchusstacheln, Teleostierknochen, Wirbel von Seesäugetieren.
		0,10—20 m braunrote harte Kalkbank, senkrecht prismatisch zerklüftet, deren Oberfläche prächtige Winderosionserscheinungen, Windkanten und Sandrieselflächen zeigt.

Die tieferen Mitteleocänschichten zeigen sich auf dem Wege von obigen Hügeln zum Nil bei Karimat und Burumbul in folgender Weise entwickelt: Die Abteilung I 3, etwa 20 m stark, nimmt vom Fusse jener Hügel an weithin eine ausgedehnte Ebene oder Terrassenlandschaft ein, in der sich 2—3 niedrige Terrassen über einander markiren, gebildet aus je 0,25—50 m dicken, hellrötlichen oder schmutziggelben härteren Bänken zwischen stärkeren, bröcklig schiefrigen Mergellagen. Die härteren Bänke führen häufig Fischschuppen.

Tiefer erscheint die Abteilung I 2 (20—25 m) in Gestalt von weisslich grauen oder gelbweissen Kalkschiefern, welche Steinsalzadern in ihren Fugen führen. Südwärts gehen sie in gelbe, harte, grobwulstige Kalke über, die eine scharf ausgeprägte Plateauterrasse bilden, wobei die obersten Bänke am Rande grottenförmig überhängen. Fossilien wurden ausser den gewöhnlichen Lucinen in diesen Schichten hier nicht gesammelt. Erst viel weiter südwärts und ostwärts in der Arabischen Wüste zeigt sich, wie frühere Untersuchungen gelehrt haben, gerade dieser Horizont ganz erfüllt von Schalen des grossen Nummulites Gizehensis zusammen mit Numm. curvispira, Gryphaea cf. Gümbeli und Schizasterarten, so dass an der Vertretung der Gizehensisbänke (2) durch die fossilfreien gelben Kalke bezw. weisslichen Kalkschiefer hier nicht zu zweifeln ist. Als Ursache des lokalen Fehlens dieser Fossilien

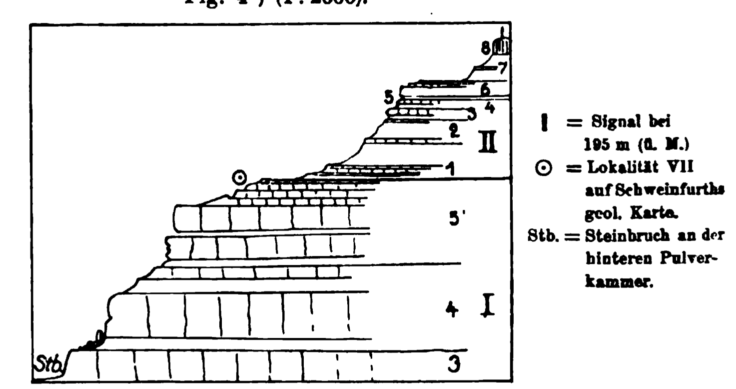
darf der Umstand aufgefasst werden, dass dieselben echte Küstenbewohner waren, hier aber die ganze Untere Mokattamstufe in pelagischer Facies, z. B. auch ohne eine einzige Auster, entwickelt ist. An der Grenze der Unterstufe I 2 gegen die tiefere, d. h. am Fusse der steilen Böschung, ist eine Bank mit grossen Nautili und Lucina pharaonis beständig.

Die tiefste Stufe, I 1 (ca. 25—30 m mächtig), setzt sich bei Burumbul ähnlich wie das ägyptische Danien (vergl. oben) aus einem echt pelagischen Wechsel von blendendweissen Schreibkreidebänken von 18—90 cm Dicke und weissen, gelblichen, dunkelgrauen oder schwärzlichen gips- und salzreichen Blättermergeln zusammen. Von Fossilien nenne ich: cylindrische Spongien, Schizaster Mokattamensis, Lucina pharaonis und bialata, Spondylus sp., Cardita Viquesneli, Leda, Nucula, Neaera, Turritella Boghosi, Natica, Aporrhais, Nassa, Styliola. Die winzigen Gastropoden und Nuculiden sitzen oft in Massen zusammen auf der Schichtfläche.

Aus der Gegend von Kairo dienen folgende typische Profile zum Vergleich:

C. Steiler Aufstieg aus den Steinbrüchen hinter der Citadelle an den Pulverkammern vorbei über den Basishügel Schweinfurths zur Station des Venusdurchgangs.

Fig. 4[1]) (1 : 2000).



[1]) Die Schichten sind hier richtiger nicht horizontal, sondern etwas nach O. einfallend zu denken, wie es in Schweinfurths Profil (Zeitschr. d. D. geol. Ges. 1883, Taf. XX) in freilich verstärktem Masse zum Ausdruck kommt.

II 8	4 1/2—5 m gelblicher, feinkörniger Kalksandstein, kavernös mit Calcitdrüsen. Echinolampas Crameri, Anisaster gibberulus, Abdrücke von grossen Vulsellen, Spondylus, Cardium 2 sp., Cardita Mokattamensis Opp. sp. n.,[1]) Lucina, Macrosolen uniradiatus Bell. sp., Mesalia Hofana M.-E., Turritella pharaonica Cossm.
7 (c. 7 m)	0,20 m gelber Sand, 2 m bunte Thone mit Gips, gemischt mit Sand, 0,40 m gelber knolliger Kalksandstein mit Calcit- und Gipskrystallen, 4—5 m gelbe und grüne Thone. Hier Plateaustufe.
6 (3 m)	0,50 m 2 Kalkbänke, 2,50 m gelbe, harte, sandige Bank mit Pseudobohrmuschellöchern.
5 (1,30 m)	0,50 m Blätterthon, 0,80 m Bank mit ungemein dickschaligen (5 cm) Austern, Pecten, Plicatula polymorpha, Arca, Cardium obliquum Corbula cf. gallicula, Natica, Xenophora, Cassidaria nilotica, Terebellum.
4 (2,50 m)	1 m überhängende Bank mit viel Steinkernen: Vulsella, Ostrea, Plicatula polymorpha (gemein), Pecten, Spondylus, Arca, Cardium, Natica, Xenophora, Cassidaria, Terebellum. 1—1,50 m braungelber und grüngrauer mürber weicher Sandstein mit grossen Löchern.
3 (2,80 m)	2 m 2 Bänke gelben dichten Sandsteins, 0,80 m Lage mit zahlreichen Schalen von *Carolia*, Cardium obliquum, Corbula cf. gallicula Desh., Teredo, Mesalia Locardi, Knochen.
2 (7 m)	0,70—1 m sandige Bank mit Nummulites Beaumonti, 0,90 m braune und blaugrüne Sand- und Thonlage, 1,30—2 m mürber Sandstein, 2 m blauer Thon und braungelbe Mergel mit Gips,

[1]) Diese neue Art wird neben zahlreichen andern neuen Molluskenformen von Herrn Dr. P. Oppenheim, der augenblicklich die ganze Fauna des ägyptischen Eocäns nach Zittels, Schweinfurths und meinen Aufsammlungen monographisch bearbeitet, im nächsten Jahre in der Palaeontographica veröffentlicht werden.

2 (7 m)	1,50 m gelbweisser Kalk mit *Nummulites* Beaumonti, sub-Beaumonti, Anomia tenuistriata, Cardium obliquum, Tellina, Lucina gibbosula, Cytherea, Cardita, Turritella, Solarium, Rostellaria u. and. Gastropoden.
1 (9,30 m) II	7 m gelbliche und grauweisse Gipsmergel, 0,50 m orangebrauner harter Thonkalk, 0,80 m bunter ockrig- und grüngebänderter Thon (Tafle) mit Cölestin, 0,50 m weisser Mergelkalk mit senkrechten Gipsadern, 0,50 m Mergel. Hier Plateaustufe.
I 5 (c. 25 m)	c. 8 m 4 Bänke blendendweissen, weichen Kalksteins mit kleinen Röhrchen, Num. Beaumonti, sub-Beaumonti, discorbina und subdiscorbina, Amblypygus dilatatus, Serpula, Eschara aff. Duvali, Vulsella, Spondylus radula, Ostrea Reili, Lucina pharaonis und metableta, Teredo, Cardium obliquum, Turbinella frequens, Terebellum, 8—9 m Steilabsturz, Kalk mit Echinolampas Fraasi, Conoclypeus conoideus, Vulsella. „Zweite Mauer", 0,40 m gelbe Mergel, 8 m Nummulitenkalk mit „Hörner"-Wülsten, kleinen Nummuliten, Schizaster.
4 (20,20 m)	4,70 m zerfressener, knolliger Kalk mit Schizaster, 2 m mergelige Zwischenlage, 11 1/2 m Steilwand aus Kalk mit Schizaster foveatus, Africanus und Mokattamensis, Echinolampas Fraasi, Toxobrissus Lorioli, Echinopsis lybicus, Clavagella, Vulsella, Natica. „Erste Mauer", 2 m verschüttet.
3 I	c. 17—20 m (?) weicher Baustein der Steinbrüche (im hintersten Steinbruch am Fusse des Bergabfalls nur 8 m), Natica hybrida (= N. Ammonis Blanck) [1]), Turbinella frequens, Lobocarcinus Paulino-Württembergicus, Carcharodon auriculatus u. and. Haifischzähne.
Summe 98,4 m.	

[1]) Die echten Ammonshörner sensu stricto der Alten (vergl. **Blanckenhorn**: Das Urbild der Ammonshörner in Naturwiss. Wochenschr. XVI. 6. 1901. S. 57).

Die Gesammtmächtigkeit der Oberen Mokattamstufe (II) beträgt in diesem Profil in der Mitte des Mokattam 37,40 m; von der Unteren Mokattamstufe (I) sind hier nur ca. 35 m aufgeschlossen, seine Gesammtmächtigkeit (unter Hinzufügung der Schichtengruppen 3, 2 und 1) dürfte sicher 100 m übersteigen.

D. Südwestseite des Gebel el-Ahmar links vom Reitwege nach Ajun Musa. (16. 3. 1902.)

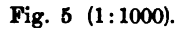
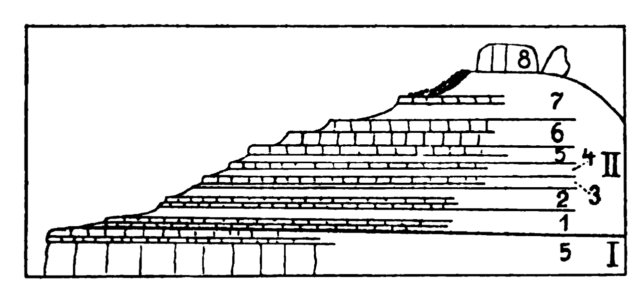


Fig. 5 (1:1000).



II 8	3—4 m Sandstein mit Vulsella, Carolia (?), Cardita Mokattamensis, Cytherea.
7 (c. 6,20 m)	3—3,50 m Schutt, 0,90 m gelber Kalksandstein mit Vulsella, Lucina pulchella, Cardium, Teredo longissima, 3 m weisser und graugelber Sand, Thon und Gipsmergel.
6	2—5 m Kalksandstein mit Steinkernen: Spondylus, Cardita, Cardium, Corbula.
5 (?) (c. 2 m)	1—1,60 m gelbbrauner Sandkalk mit Steinkernen, 0,75 m bröckelige Zwischenlage.
4 (c. 1,40 m)	0,70—1,10 m gelbgrauer, harter, rauher Sandkalk, 0,50 m ockergelbe, bröckelige Zwischenlage.
3 (1,40 m)	1,0—1,20 m gelber, fester Kalk mit Kalkspatdrusen und Bivalvenkernen, 0,30 m gelbe, bröckelige Lagen.

2 (2,10 m)	1 m Tafle mit Cölestin, 1,10 m ockergelber Kalk mit strahligem Cölestin, Abdrücke von Nummulites sub-Beaumonti, Spondylus, Cardium obliquum, Cytherea parisiensis, Corbula gallica, Macrosolen uniradiatus, Lucina pharaonis, Discohelix cf. Dixoni, Mesalia Hofana, Turritella pharaonica Cassis niloticus, Cypraea.
1 (3 m) II	1,50 m gelber Tafle mit Cölestin, 0,80 m hellockerfarbener thoniger Kalk, 0,70 m schmutziger bröckeliger Kalk mit Steinkernen.
I 5	0,60 m grauweisse Kalkbank, 0,05 m Zwischenlage, 0,35 m weisser Kalk mit Vulsella, Teredo, Turritella, 0,10 m gelbe Mergel, 5 m weissgelber Kalk mit kleinen Nummuliten und Bryozoen, „zweite Mauer".

In diesem Profil D hat die Obere Mokattamstufe nur eine Stärke von etwa 24,35 m, ist also um 13 m schwächer als in dem 2,7 km südlich davon gemessenen Profil C derselben Schichten. Der bedeutende Unterschied kann nur auf die grössere Festlandnähe im S. zurückgeführt werden, nach welcher Richtung hin alle Schichtengruppen anwachsen.

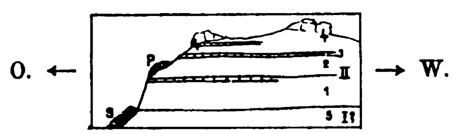
Eine ähnliche Ausbildung der Oberen Mokattamstufe wie in C finden wir auf dem gegenüberliegenden Nilufer am Chēt el-Ghōrab (= Krähennest) oder Gebel Kibli el-Ahram im S. der Sphinx. Von diesem guten Aufschluss verdanken wir bereits Fourtau[1]) ein Profil, das mit der folgenden Aufnahme zu vergleichen ist.

---

[1]) Sur un nouveau gisement de poissons fossiles aux environs des Pyramides de Ghizeh. Bull. Soc. Géol. France (3) XXVII 1899. p. 238. — Notes sur les Echinides fossiles de l'Egyte. Bull. Inst. Eg. Le Caire 1900, p. 28, Fig. 6.

E. Querprofil von O. nach W. durch den Gebel Kibli el-Ahram am Chēt el-Ghorāb.

Fig. 6a (1:2000).



Gipfel des Hügels c. 64 m über dem Meeresspiegel.
P = oberflächlich auf II 2 ansitzende Pliocänbreccie mit Ostrea cucullata (Meereshöhe 53 m).
S = Schutt.

Fig. 6b. Blick auf den Gebel Kibli el-Ahram von N. von der Pyramide des Tetf Rē aus.



II 4	3 m harte helle Kalksandsteinfelsen des Gipfels mit Echinolampas Crameri und globulus, Steinkernen von Plicatula polymorpha, Gryphaea, Ostrea Clot Beyi, Calianassa, 4 m weiche Mergel mit viel Schalen von Plicatula polymorpha, Pecten, Cytherea, Lucina pharaonis, Turritella Locardi und dialyptospira.
3	1 m Caroliabank, grau. Ostrea Clot Beyi, Carolia, Plicatula, Anisaster.
2	5 m brückelige Mergel mit Gips, lokal eine Kalkbank dazwischen, Echinolampas globulus, Natica, Turritella und andere Gastropoden. Auf diesen Schichten sitzt am Ostabhange des Hügels die pliocäne Austernbreccie mit Ostrea cucullata auf.
1 II	8 m weissliche und blaugraue Thonmergel mit Fischresten im Wechsel mit gelben Thonkalkbänken. Lucina pharaonis Bell. (= libyca Cossm.).

I 5	? Die verschüttete Basis des Hügels mögen weissliche Kalke mit Nummulites Beaumonti und sub-Beaumonti, Echinolampas Fraasi und africanus und anderen Seeigeln einnehmen, welche man etwas nördlicher an der Pyramide des Tetf Rē zu Tage treten sieht.

Die von Fourtau gesammelten Seeigel stammen ebenso wie seine von Cossmann beschriebenen Mollusken im wesentlichen aus den Schichten I 2 und 4. Zum Unterschied gegen die Vorstellung in Fourtaus Profilen sei ausdrücklich betont, dass das marine Pliocän keineswegs den Gipfel des Hügels einnimmt, sondern in der halben Höhe des Gehänges auf der Eocänschicht I 2 als Saumriff erscheint und zwar nur auf der Nilseite. Es sieht fast so aus, als ob die Pliocänfluten die Gipfelhöhe des Hügels nicht mehr erreicht hätten.

Im Fajūm erreicht die Mächtigkeit der Schichtengruppen des Mitteleocäns die grössten Zahlen. Namentlich gilt das für die Obere Mokattamstufe.

Die Untere Mokattamstufe ist nur auf der SSO.-Seite der Birket el-Qerūn unter dem Kulturland und an den Rändern desselben sichtbar, so nordöstlich Tamieh auf dem halbinselartigen Vorsprung der nördlichen Wüste, im Einschnitt des Batsthales, unweit Ebschwai, im tiefen Einschnitt Bahr el-Wadi bei Nazleh Schoketa und bei Harit zwischen Gebali und Qasr Qerūn. Es sind graue oder gelbliche Mergel oder Kalke mit Nummulites Beaumonti und sub-Beaumonti, Abdrücken von Leda, Cardita, Tellina und Fischschuppen. Sie vertreten die Abteilungen 3—5 oder die obere Hälfte des Unteren Mokattam über dem eigentlichen Gizehensislager.

Auf der N.-Seite der Birket el-Qerūn müssen wir zwei grössere Schichtenkomplexe im Oberen Mokattam unterscheiden, welche Beadnell[1]) neuerdings auch mit besonderen Namen belegt hat, die „Birket el-Qurun-Reihe“ und die „Qasr es-Saga-Reihe“. Die erstere nimmt die Ufer des Sees und die

[1]) The Fajûm Depression. Geol. Mag. 1901, p. 542.

unterste der von Schweinfurth unterschiedenen Plateaustufen („Fajumstufen") im N. des Sees (ca. 38—72 m über dem Seespiegel), auf der sich auch die Ruinen von Dîmeh befinden, ein; die höhere, ungleich mächtigere den Abhang bei Qasr es-Saga, d. h. die „zweite und dritte Fajūmstufe" im Sinne Schweinfurths. Freilich besteht zwischen diesen beiden nur topographisch geschiedenen Gruppen leider keine irgendwie scharfe Grenze. Denn die tiefsten Lagen des Abhangs von Qasr es-Saga erscheinen lokal auch auf der Terrasse von Dîmeh.

Bei der unteren Birket- oder Dîmeh-Reihe ist die genaue Feststellung der Schichtenfolge, welche für alle Punkte gültig wäre, mit einigen Schwierigkeiten verbunden, weil die Schichten nicht ganz horizontal lagern, sondern mehr der etwas welligen Oberfläche sich anschmiegen und namentlich am Ufer gewöhnlich mit der Böschung schwach gegen den See zu einfallen, weil ferner grössere Steilwände fehlen, auch der Zusammenhang teilweise durch kleine Verwerfungen unterbrochen ist, endlich horizontal Wechsel und vertikal mehrfache Wiederholungen stattfinden. Namentlich der letztere Umstand ist bisher von Schweinfurth, Mayer-Eymar, A. Kaiser[1]) und mir zu wenig erkannt worden, wodurch irrige Auffassungen des relativen Alters an einigen Lokalitäten entstanden, was nur durch Aufnahme möglichst zahlreicher genauer Profile, die miteinander verglichen werden können, sich vermeiden lässt. So treten z. B. Mergel mit „Hörnern" nach meinen neuesten Beobachtungen in mindestens drei Horizonten (I 5, II 1 und II 3), rotbraune Thonbänke mit weissen Konchylienschalen ebenfalls in dreien (II 2, 3 und 5 c), Bänke mit Stockkorallen in vier Horizonten (II 1, 2, 3 und 5 c) auf.

Als älteste Schicht erscheinen an 5 Stellen des Ufers (im NW. der Batsmündung, im O. von Dîmeh auf der Halbinsel Qorn, auf der Insel Qorn und am Landungsplatz Mirsa im NW. dieser Insel) graue thonige Mergel oder Mergelkalk ohne

---

[1]) Eine Reise um den Kurûn-See und durch das Fajûm. Gera 1889.

Petrefakten mit hufeisenförmigen Wülsten à la Rhizocorallium, den „Hörnern" Schweinfurths. Analog den Bildungen am Mokattamberge könnte man sie als Decke der Unteren Mokattamstufe (I 5) auffassen, doch bin ich eher geneigt, sie hier als Aequivalent der thonig mergeligen Abteilung II 1 anzusehen.

Es folgen dann graue, gelbe oder rötlichgelbe, sandig mergelige Schichten, in welchen Schweinfurth auf der Insel Geziret el-Qorn die früher von Mayer-Eymar und Dames beschriebenen Korallen, Ostrea gigantea, Turritella cf. turris, transitoria und carinifera, zahlreiche Fischzähne und Reste von Zeuglodon aufsammelte. Das ist der tiefere Zeuglodonhorizont des Fajūm, den ich noch zu meiner Abteilung II 1 ziehen möchte.

Höher (II 2) gelangt man alsbald in einen äusserst petrefaktenreichen, innigen Wechsel von dunkelrotbraunen, eisenschüssigen Thonmergeln, welche kleine, kugelige Eisenstein-Konkretionen und weisse, wohlerhaltene Molluskenschalen enthalten, mit gelben und grauen sandigen Mergeln und Muschelkalken oder Lumachelle. In der Fauna fallen besonders die Hydractinia (Qerunia) cornuta May.-Eym. sp.[1]) und die Menge herrlicher Gastropoden auf. Ich habe diese Schichten, die mit der gleichen reichen Fauna in vortrefflicher Schalenerhaltung auch auf dem rechten Nilufer, so am Gebel Abu Rische[2]) und Wadi Sanūr beobachtet werden, als „Gastropodenbänke" bezeichnet. Die roten eisenschüssigen Muschellagen gehen auch horizontal in die graugelben, erdfarbenen Mergel über, beziehungsweise sind ihnen nesterartig eingelagert.

Unmittelbar auf oder auch mitten zwischen diesen Schalenschichten liegt die auffallendste aller Bänke des Fajūmer Eocäns, welche die Eigenschaft hat, an der Oberfläche bis auf riesige kugelige Blöcke, ursprüngliche Konkretionen von

---

[1]) Vergl. Oppenheim: Ueber Kerunia cornuta Mayer-Eymar aus dem Eocän Aegyptens, Centralbl. f. Mineral., Geol. u. Pal. 1902. 2. S. 44.

[2]) Blanckenhorn, Zeitschr. d. Deutsch. geol. Ges. 1900. S. 443.

1—1½ m Durchmesser, ganz zu zerfallen. Auch kleinere Konkretionen und Wülste sind dieser Schicht eigen, sowie Schalen von Ostrea Reili, Carolia und Cardita Viquesneli, Steinkerne von Mactra Fourtaui, Cardium sp., die als Reste der zerstörten weicheren Schichtteile zwischen den meist versteinerungsleeren grossen Blöcken liegen bleiben. Letztere sind im Horizontalschnitt durchweg kreisrund, ihre Gestalt ist aber nicht immer kugelig, sondern auch ellipsoidisch vasenartig oder schön cylindrisch säulenförmig. Sie zieren die meisten Abhänge oder Kanten der „ersten Fajūmstufe“ oder nehmen auch letztere selbst ein, wobei sie von weitem wie eine Heerde Schafe aussehen. Deshalb nennt sie auch der Beduine Ghanam el-maskhuta (zur Versteinerung bestimmte Schafe).

Ausser den genannten Schichten beteiligen sich noch 2 Gesteinsarten wesentlich am Aufbau der ersten Plateaustufe von Dimeh. Das erste ist grauer harter Kieselkalk, welcher in senkrechten Klüften zu grossen Quadern zerspringt und arm an Versteinerungen ist. Auf einem Hügel nahe dem Berge Σ Schweinfurths sah ich eine solche Bank unmittelbar im Liegenden der „Schafheerde“, auf dem trigonometrischen Signalhügel hinter der Halbinsel Qorn (ca. 35 m über dem Seespiegel) als deren Hangendes. Eine zweite höhere Lage von ½ m Dicke mit Schalen von Ostrea elegans, Plicatula und Cardita krönt den tafelförmigen Hügel im S. von Dimeh, den höchsten dieser Plateaustufe (ca. 74 m über dem See). Diese obere Schicht leitet hier wohl schon die Abteilung II 3 ein.

Das letzte bemerkenswerte Gestein der Birketreihe ist ein harter echter Kalksandstein oder Sandstein mit Kalkbindemittel, der meist mit stark welliger Oberfläche herausragt, so dass man liegende Baumstämme oder Walfischrücken zu sehen glaubt. Oft neigt dieser Sandstein zu Knotenbildung; dann ist seine verwitterte Oberfläche mit zahlreichen, vom Winde herausgeblasenen Höckern besetzt, die sich zuweilen regelmässig in Quincunxreihen gruppiren. Die betreffenden aufgewölbten elliptischen Platten sehen dann wie dornige Schildkrötenpanzer aus. Dieser „Walfischsandstein“ wurde ausnahms-

los oberhalb der Schafheerde beobachtet (südlich Dîmeh in ca. 48 m Höhe über dem Seespiegel).

Alle die 3 zuletzt beschriebenen harten Gesteinsarten sind oberflächlich von den fingerdicken Bohrlöchern aus einer Zeit späterer Meerestransgression (im Pliocän) bedeckt.

Die Fauna der Abteilung II 2 der oberen zwei Drittel der Birket el-Qerun-Reihe setzt sich wesentlich folgendermassen zusammen:

Graphularia,
Goniaraea elegans,
Astrohelia similis,
Hydractinia cornuta,
Ostrea Reili und elegans,
Cardita Viquesneli,
Cardium Schweinfurthi,
Lucina pharaonis,
Cytherea Newboldi,
Tellina, 3 sp.,
Lovellia Schweinfurthi,
Mactra Fourtaui,
Turritella pharaonica, Locardi, carinifera u. Hofana M.-E.,
Natica Cleopatrae,
Melongena indigena,
Clavellites aegyptiacus u. Noae,
Turbinella arabica,
Pleurotoma ingens,
Nautilus.

Dagegen sind Ostrea Clot Beyi, Carolia placunoides und Plicatula polymorpha noch verhältnissmässig selten.

Diese 3 wichtigen Leitformen erscheinen häufiger erst in den Abteilungen II 3 und 4, welche stellenweise schon nördlich Dîmeh auf gleicher Höhe mit dessen Ruinen auftreten, sonst aber erst am Fusse des zweiten Plateauabfalls.

Dieser Haupt-Plateauabfall wird in vertikalem Sinne durch eine besonders scharf ausgeprägte, oft breit angelegte Terrasse innerhalb seines oberen Drittels in zwei Teile zerlegt, die sogenannte „zweite und dritte Fajûmstufe“ Schweinfurths, welche nur im östlichen Gebiet bei Qasr es-Saga sich nahe aneinander halten. Von dem Gebirgspass (Boghas) im W. des „Korallenhügels“ an findet eine gänzliche Trennung statt; die zweite Fajûmstufe rückt im Bogen über den Zeuglodonberg zum Ufer der Birket, welche sie am Σ Berge erreicht und von da an begleitet, während die dritte höhere sich beständig etwa 10 km nördlich vom See ihm parallel hält. Die zweite

Fajūmstufe wird aus den Abteilungen II 3—6, die dritte aus 7—8 gebildet (vergl. Fig. 7 und 11).

Der östliche Teil des Plateauabfalls, an dessen Aufbau sich beide Fajūmstufen in geringem Abstand von einander beteiligen, zerfällt horizontal in 2 Abschnitte, die bei Qasr es-Saga in stumpfem Winkel aufeinander stossen. Der erste derselben, welcher von hier parallel dem Birketufer bis zum Passaufstieg in WSW.-Richtung verläuft, heisst Gebel el-Hameier; der andere nach NNO. gerichtete Gebel el-Achdar. Letzterer biegt ½ Tagereise von Qasr es-Saga, wo eine wichtige Querverwerfung in den Schichtenzusammenhang störend eingreift, plötzlich nach Osten um und verliert sich dann nach und nach in seiner auffälligen Gestalt.

Den besten Einblick in die Schichtenfolge und den horizontalen Wechsel jenseits der Birket erlangen wir, indem wir diese Hauptabhänge in der Richtung von NO. nach SW. bis zum Westende des Sees verfolgen.

Das erste Profil entnehmen wir dem nordöstlichsten, namenlosen Abschnitt des Plateauabfalls, nämlich dem W.—O. gerichteten Theil nordöstlich Qasr es-Saga.

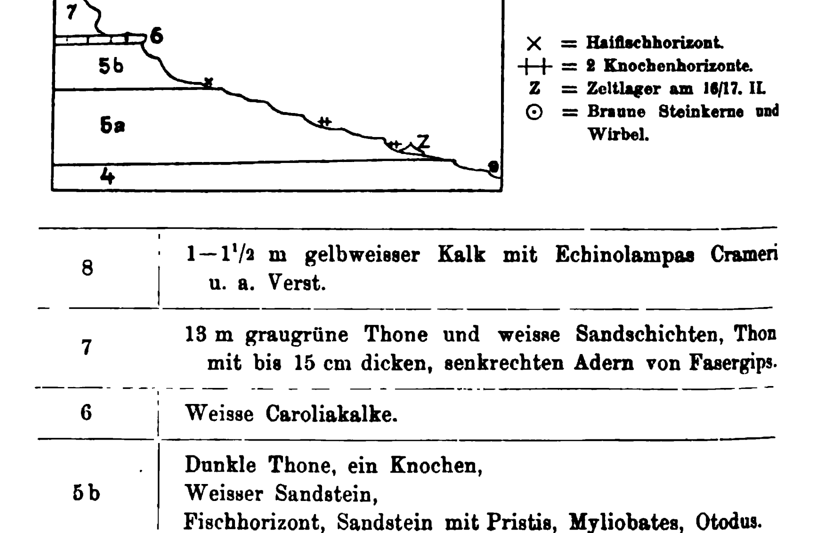
F. Profil, aufgenommen an einer durch Reichtum an Tamariskenholz ausgezeichneten Plateaubucht, ½ Tagereise ONO. vom Südosteck des Schweinfurth-Plateaus und ½ Tagereise NNO. Qasr es-Saga. (7.—8. 2. 1902.)

8	2¼—4 m gelber Mergelkalk.
7	2 m Thon, 1—1½ m gelber Mergelkalk mit Conchylienresten, 7 m graugrüner Thon mit Gips, 0,2 m rötlich ockergelber Kalk mit Austern, Molluskensteinkernen (Arca), 3—5 m Gipsthon und grünlicher Sand.
6	1½ m Austernkalkbänke mit Ostrea elegans, 1½ m gelbe Kalke mit Carolia, Vulsella.
5b	? 5—10 m graue und grüne Thone und Mergel.

5a	3–4 m { Bank mit Ostrea elegans, Terrasse. Mergel mit Kieselhölzern.
	4 m { Kalk mit Ostrea elegans und Cloti, Terrasse. Mergel.
	2–3 m { Kalk mit Ostrea Cloti und Carolia, Terrasse, Weisser Sandstein und Schieferthon mit Pflanzenresten. Oberer (?) Knochenhorizont: Schäde von Welsen, Schildkröten-Ausguss, Krokodilskelet, Wirbel von Zeuglodon und Sirenen,
	ca. 3 m { Terrasse mit Graphularia, Ostrea Cloti, Raeta (Lovellia) Schweinfurthi M.-E., Turritella, Lessepsi M.-E, Ampullaria (!) cf. ovata Ol., Myliobates-Zähnen. Mittlere Turritellen-Bank,
	ca. 5 m bis zur Ebene.

G. Profil am Gebel Achdar, aufgenommen 1 ½ Stunden nordnordöstlich von Qasr es-Saga im ONO. des basaltischen „Schweinfurth-Plateaus". (16.—17. 2. 1902.)

Fig. 7 (1 : 2000).

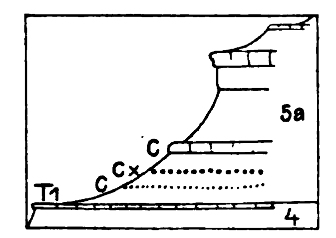


8	1–1½ m gelbweisser Kalk mit Echinolampas Crameri u. a. Verst.
7	13 m graugrüne Thone und weisse Sandschichten, Thon mit bis 15 cm dicken, senkrechten Adern von Fasergips.
6	Weisse Caroliakalke.
5b	Dunkle Thone, ein Knochen, Weisser Sandstein, Fischhorizont, Sandstein mit Pristis, Myliobates, Otodus.

5a	3 Terrassenabsätze mit Bänken von Ostrea elegans und Turritellen, Mergel, höherer Knochenhorizont, mit Schlangenwirbeln (Moeriophis Schweinfurthi Andrews), Schildkrötenpanzer, Krokodil, Gelbrötliche bröckelige Mergelbank, 2—4 cm eine schwarze und weisse Sandlage, 5 cm gelbe Mergel mit Knochen, 1 m weisser Sandstein oder grauer Thon, tieferer Knochenhorizont mit Knochen von Welsfischen, Schlangen (Moeriophis), Krokodil (Skelet), Walfisch (Gehörknochen), Zeuglodon cf. Osiris Dames (Kiefer) und Moeritherium Lyonsi Andr. (Unterkiefer).

H. Profil 1/2 Stunde nordnordöstlich von Qasr es-Saga an der Ecke oder Umbiegungsstelle der Klippen. (23. 1. 1902.)

Fig. 8.



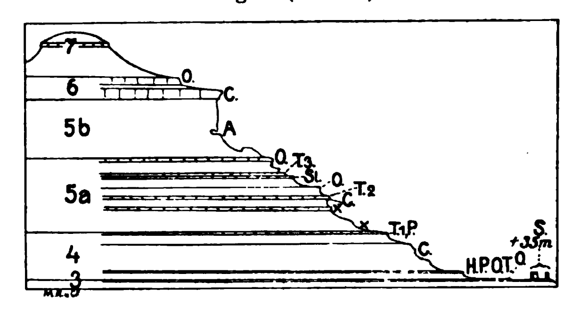
× = Steinkerne und Säugethierwirbel.
C = Caroliaschichten.
T_1 = I. Turritellenbank.

5a (11,05 m)	0,10 m Bank mit Ostrea Cloti und O. sp., 1,50 m Zwischenlage, 0,70 m gelbe Schicht, 1,50 m hellgelbe und graue Mergel, 3,50 m weisser Sand, 0,60 m gelbe Schicht mit Carolia und Cassidaria, 1 m grauer Schieferthon, 0,10 m violettbraune Knollen von Kalk mit viel braunen Kernen von Macrosolen uniradiatus, Teredo longissima, Solarium, Cassidaria, Gisortia gigantea, Lanistes (!) subcarinatus, Wirbeln von Sirenen und dürftigen Resten von Myliobatiden und Krokodil; zuweilen an Stelle dessen Caroliaschicht mit Carolia und Ostrea Cloti, 1 m rötliche Mergel, 0,05 m Carolialage, 1 m gelbe Gipsmergel.

4	0,20 m Bank mit Turritella pseudoimbricata Opp. sp. n. und O. Cloti (untere Turritellenbank), 8 m Zwischenlage, 0,20 m Schicht mit Ostrea elegans.

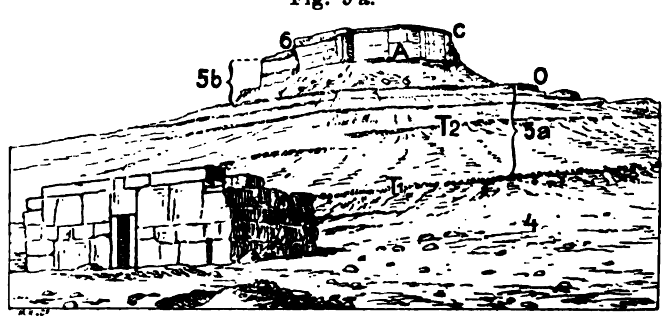
I. Profil des Sagaberges unmittelbar hinter Qasr es-Saga. (22.—23. 1. 1902.)

Fig. 9 (1 : 2000).



S = Qasr es-Saga im Querdurchschnitt, + 78 m über dem Birketspiegel, 35 m über dem Mittelmeer.
A = Anachoretenhöhle. St = Braune Steinkerne. C = Caroliabänke.
T 1—3 = 3 Turritellenbänke. O = Austernbänke.
P = Plicatula. H = Hydractinien.

Fig. 9 a.



7 (12 m)	3 m Gipsmergel, 1 m harte gelbe Mergelbank, 8 m Gipsmergel mit Fischresten.

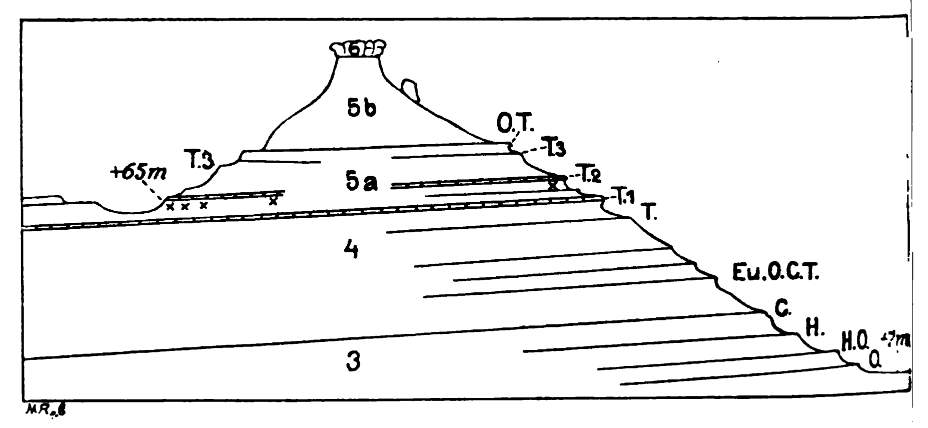
6 (6 m)	**2 m Austernbank, 1 m Mergel. Zahn von Myliobates, 3 m Caroliabank, Turritella pharaonica.**
5 b (10—20 m)	**10—20 m Gelber Sand mit diskordanter Parallelstruktur, Mergelsandstein, schwarze und graubraune sandige Schieferthone mit Laubblattabdrücken und sonstigen kohligen Resten. Selten Korallen, Fischzähne, Schildkrötenreste.**
5 a (19,25 m)	**1 m Gelbe Austernbank mit roten Flecken, Ostrea Reili, Carolia, Turritella Lessepsi M. E. und fraudatrix Opp. n. sp., Panzer einer Schildkröte (Podocnemis), 2,70 m { Rote Lage mit Knochen (23. 1. II), Blätterthon mit gelben Wülsten, 0,30 m Bank mit Ostrea elegans, Turritella Lessepsi M. E., pharaonica Cossm. und vinculata Zitt., Oberste Turritellenbank, 1 m Mergel-Zwischenlage, 0,50 m Terrasse mit braunen Steinkernen und Austern, Cardium, Cytherea Newboldi, Lucina, Macrosolen, Solarium, Ficula, Turritella fraudatrix und pharaonica, 2—3 m Mergel, 0,30 m harte Austernbank, O. Cloti, 2 m Gipsmergel, 0,35 m Mittlere Turritellenbank, oben mit T. Lessepsi und pharaonica, unten mit Carolien, 2,50 m dunkle Mergel, 0,10 m rote Knollen, 0,05 - 0,15 m weisse Bank aus feinzerriebenen Muscheltrümmern, Fischotolithen und Zähnen, 6 m gelbe Mergel mit Seesäugethier-Wirbeln.**
4 (12,55 m)	**0,20 m Untere Turritellenbank mit: Einzelkorallen, Anisaster gibberulus, Schizaster, Plicatula polymorpha, Ostrea Cloti und elegans, Anomia, Spondylus, Lucina, Cardium, Carolia, Cardita, Arca, Turritella vinculata und pseudoimbricata Opp. n. sp., Calianassa, Myliobates, 3 m gelbe Mergel, 7 m Mergel, oben lokal mit Carolia, unten mit riesigem Gelenkknochen, 0,35 m Bank mit Hydractinia cornuta, Anisaster, Euspatangus, Serpula, Ostrea Cloti, Reili und elegans, Plicatula, Carolia, Macrosolen, Turritella pharaonica, Boghosi, Locardi, pseudoimbricata und Hofana,**

4 (12,55 m)	2 m Mergel mit Graphularia, Hydractinia, Macrosolen, Gelenkknochen.
3	Bank mit Anisaster, Ostrea Cloti, Calianassa. Auf ihr steht das Qasr es-Saga.

Summa c. 65—70 m.

K. Halbinselförmiger Vorsprung des Plateauabfalls Gebel Hameier im NNW. von Dimeh, 1 1/2 Stunde westsüdwestlich von Qasr es-Saga. (26. 1. 1902.)

Fig. 10 (1 : 2000).



×× Haupt-Knochenlager, T I—III Haupt-Turritellenbänke, O = Ostrea, C = Carolia, H = Hydractinia, Eu = Euspatangus.

6	3 m Caroliakalke.
5 b (23—24 m)	14 m aschgraue Schieferthone mit Pflanzenresten, 1—2 m brauner Sandstein, 5 m Schieferthon, 0,05 m Gipsplatte, 3 m glaukonitischer Mergelsand mit Roteisenstein.
5 a (13,65 m)	1,20 m Terrasse mit Ostrea Reili, Lucina, Turritella, 1 m gelbe Mergel, 0,15 m Obere Turritellenbank. Ostrea elegans, 1,50 m grauer Schieferthon, 3,70 m gelbe Mergel, unten stellenweise Knochen,

5 a (13,65 m)	0,50 m gelbe harte Bank mit Ostrea Cloti, Macrosolen, Turritellen, Mittlere Turritellenbank, 2,50 m dunkle Schieferthone, oben zuweilen weisser Sandstein. Knochen von Welsen (Kopfpanzer und Wirbelsäule), Sägefisch (Säge), Schlangen (Wirbel von Moeriophis Schweinfurthi und Gigantophis Garstini Andr.), Krokodil (2 Skelette), Schildkröten (Platten), Walfisch (Gehörknochen), Sirenen (Wirbel).[1] 1 m gelbe Mergel, 0,10 m Schicht mit viel Ostrea Cloti, 2 m gelbe Mergel.
4 (30—31 m)	0,40 m gelbe, harte Bank mit Turritellen. Untere Turritellenbank? 0,50 m weisser Sandstein, 4 m dunkelgrauer Schieferthon, 0,40 m harte Austernbank mit Ostrea Cloti, Macrosolen, Lucina und zahlreichen Turritella fraudatrix Opp. n. sp. 1 m graue Mergelsteilwand, 5,75 m verschüttet, in der Mitte eine Austernbank, 0,60 m gelbe, harte Bank, 0,40 m weisser Sand, 3 m schwärzlicher Schieferthon, 1 m gelber, harter Sandstein, 0,70 m gelber, fester Kalk mit Carolia, Macrosolen, Cytherea, Turbinella, 3 m schiefriger Mergel, 0,90 m eisenschüssiger Kalk mit Euspatangus, Ostrea Cloti, Turritella, unten Carolialage, 0,50—80 m weisser Sand, 0,10 m Roteisenstein, 1,55 m hellgrauer Mergel, 0,10 m weisse Schalenschicht, 7 m gelbgraue schiefrige Mergel mit kopfgrossen Kalkknollen.

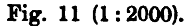
[1] ½ Stunde östlich von diesem Profil fand Dr. Stromer an einem Vorberg mit Hyänenhöhlen in diesem Horizont einen chokoladenbraunen Thon mit Blattabdrücken und Modiola cf. corrugata. Hier viele Welsschädel, Sägen von Pristis, Sirenenskelet, Scapula von Zeuglodon?, Plastron einer Schildkröte.

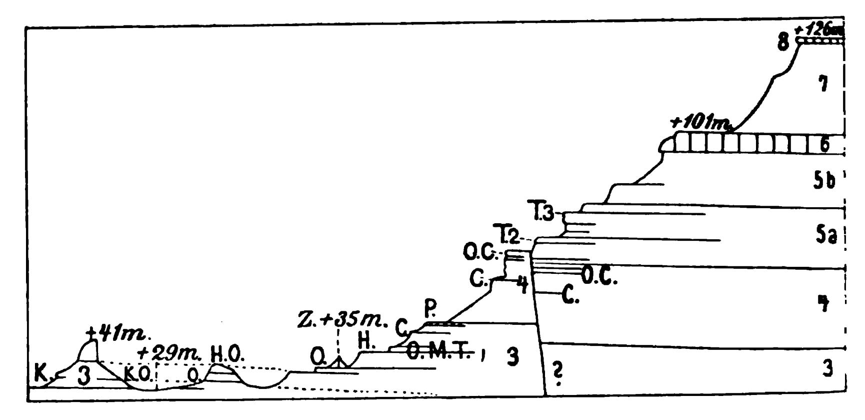
½ Stunde westlich von hier zwischen Profil K und L wurde der von Stromer beschriebene Schädel von Zeuglodon Osiris Dames in einer Schicht von grauen und roten Mergeln ausgegraben.

3 (25,15 m)	0,15 m	Terrasse mit Ostrea, Carolia, Turritella, Calianassa,
	5 m	Graue und gelbe Mergel, Modiola,
	20 m	Austernbank mit Hydractinia, Macrosolen, Turritella, Grauer Schieferthon mit Wülsten, Schwarzer Schieferthon mit Roteisensteinknollen, Weisse Schalenschicht mit roten Flecken, Mergel, Austernschicht. Hydractinia, Grosse Ostrea Fraasi und elegans, Mergel, Austernschicht mit kleinen Austern am Bergesfusse.[1])

Summa c. 95—97 m.

L. Profil am „Korallenhügel", 2 Stunden nordwestlich Dimeh. (13. 2. 1902.)


Fig. 11 (1 : 2000).



Z = Unser Zeltlager am 13.—15. II. 1902.
T = Turritellenbänke.
O = Ostrea.
C = Carolia.
M = Macrosolen.
H = Hydractinia.
K = Korallen am „Korallenhügel".

[1]) Der Fuss des Bergabhangs liegt c. 50 m über dem Spiegel der Birket d. h. + 7 m über dem Meere.

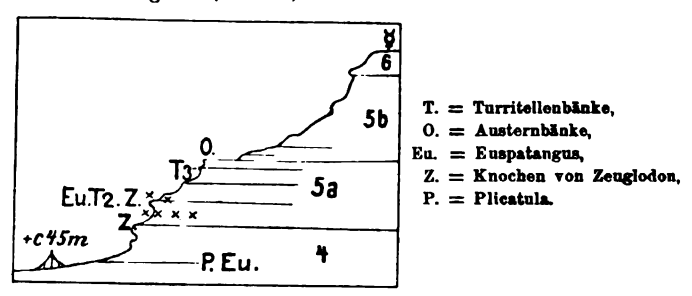
8	1 m gelbgrauer Kalkstein mit Echinolampas Crameri, Mikropsis (?), Turritella.
7 (23,50 m)	7,50 m graue und gelbe Letten mit Gips, 4 m Mergelsand mit Glaukonitkörnern, Cytherea, Lucina (?) Knochen, 12 m bunte Gipsletten mit einer Bank braunen Mergelsandsteins mit Vulsella,
6 (5,50 m)	1,50 m Kalkquadern mit Austern, 1 m bröckliger Kalk, 3 m weisser Kalk mit Carolia, Plicatula Bellardii.
5 b (16,50 m)	2,50 m hellgraue Sande und Thone, 9 m aschgraue Schieferthone, weisser Sand und brauner Sandstein. 0,50 m rotvioletter, sandiger Kalk mit Austern, eine Stufe bildend, 4 m Steilwand von bunten Mergel mit Gipsflecken.
5 a (11,65 m)	0,10 m Austernbank, 1 m Mergel, 0,70 m Obere Turritellenbank, Stufe bildend; Hydractinia, Solarium, 0,40 m Gelbe Gipsmergel, 0,20 m Austernbank, 0,35 m rötliche Schicht mit weissen Schalen, 0,50 m graue Mergel, 0,15 m Ostrea Cloti, Turritella pharaonica und Lessepsi, 0,30 m graugrüne Letten, 2,50 m gelbe Wand, 0,70 m gelbe Mergel mit Turritella, 0,70 m graue Gipsmergel, 0,50 m gelbe (mittlere) Turritellenschicht, 3 m Steilwand von graugrünem Schieferthon,
5	0,50 m weisser Sand, diskordant geschichtet, 0,05 m harter Kugelsandstein.
4 (18,10 m)	0,20 m Bröckelkalk mit Ostrea Cloti, Fischschädel, 0,60 m graugrüne Letten mit Fasergipsadern, 0,70 m gelber Sandstein, Stufe bildend, 0,50 m Steilwand mit Ostrea Cloti, Carolia, 0,80 m sandige Mergel und Sand mit Wülsten und roten Knollen, 6 m graugrüner Thon mit Gips, in der Mitte Carolialage mit grossen Caroliaschalen,

4 (18,10 m)	9 m Mergel, 0,30 m Mergel mit Plicatula polymorpha, Ostrea Cloti und Reili, Spondylus, Carolia, Arca und rundlichen Bivalven, Turritella pharaonica und pseudoimbricata Opp.
3 (16 - 17 m)	6 m Gelbe Mergel, in der obern Hälfte mit einer Caroliabank. 1 m Mergel, oben mit Ostrea Cloti, Arca, Natica, 4—5 m gelbe und blaue Mergel, gekrönt von einer Bank mit viel Hydractinia, Spondylus, Carolia, Cardium, Macrosolen, Turritella pseudoimbricata. 1 m gelbe Mergel, oben mit Hydractinia, Ostrea Cloti und kleinen Austern, 4 m Mergel mit Hörnerwülsten; am Korallenhügel mit Riff aus Goniaraea elegans, Astrohelia similis, Ostrea Fraasi.[1])

Summa 99—100 m.

M. Profil des „Zeuglodonberges" (☿ auf Schweinfurths Karte), 3 Stunden westsüdwestlich Qasr es-Saga. (24. 1. 1902.)

Fig. 12 (1 : 2000).



[1]) Diese untersten Schichten wurden, soweit sie an dem in der Ebene vorliegenden „Korallenhügel" auftreten, früher von Mayer-Eymar und mir (Zeitschr. d. Deutsch. geol. Ges. 1900. S. 44) als zu Abteilung II 1 und einer durch Randverwerfung vom Gebirgsabfall getrennten Scholle gehörig angesehen, was ich jetzt nach genauerer Nachprüfung berichtigen möchte.

Fig. 12 a.



Zeuglodonberg vom Fusse aus gesehen.

6		Caroliabänke, weiss, Ostrea.
5 b (c. 22 m)	c. 22 m	Aschgraue Thone, brauner Sandstein mit Säugethierwirbel, schwache Austernbank, Gipsmergel mit violettbrauner eisenschüssiger Lage.
5 a (16,90 m)		1 m Austernbank, deutliche Terrasse bildend. Hydractinia (selten), Ostrea, Cardium, Macrosolen, unten Carolia, 1 m rotgefleckte, harte Mergel, 0,10 m Kalk mit viel Turritellen. Obere Turr.-Bank. 0,80 m grauer Schieferthon mit Wülsten, 3 m hellgraue und gelbe Mergel mit weissen Gipsflecken, 5 m dunkler Schieferthon mit Gips. Sägefisch und andere Fischreste, Schildkröten, 1 m mittlere Turritellenbank. Violetter, unten grauer Kalk mit Euspatangus formosus, Carolia, Ostrea Cloti, Lucina, Solarium, Turritella Lessepsi, Clavellites aegyptiacus, Nautilus, Skelet-Unterkiefer von Zeuglodon Osiris Dam.[1]) 1 m Wechsel von Sand, Thon und Eisenstein, $3^1/_2$—$4^1/_2$ m Mergel oder grauer Thon mit violettem Kalkstein. Fossiles Holz, Clavellites Noae, Turritella, Nautilus Nubari. Viele Knochen von Fischen, Krokodil, Schlangen (Moeriophis Schweinfurthi Andrews) Schildkröten.[2])

[1]) Original von Schweinfurth-Dames.

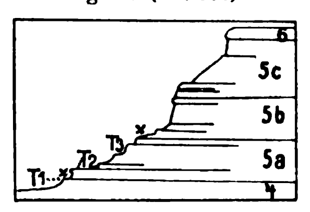
[2]) Etwas östlich von diesem Profil im gleichen Horizont Moeriophis

4 (8,80 m)	0,60—1 m gelber und rötlicher Mergelkalk mit Carolia, Ostrea, Myliobates, Schädel von Eosiren libyca Andrews. 0,25 m weisser Sand mit falscher Schichtung, 1,50 m grauer Thon und Mergel mit Knochen, 0,25 m violetter Eisenstein, 1 m grauer Thon, 5 m verschüttet, darin eine rötliche Lage mit Euspatangus, Plicatula und runden Bivalven.

Summa c. 53 m.

N. Profil ½ Stunde nordwestlich vom Zeuglodonberg mit einem Fischzahnlager. (14. 2. 1902.)

Fig. 13 (1:2000).



6	3 m Caroliakalk.
5 c (15 m)	4 m Steilwand, schwarze Schieferletten, weisser Sandstein und Gipsthon, 7 m Thon, Kalk und gelbe Mergel, 1 ½ m gelbe Mergel, Stufe bildend, ½ m grauer Thon, 2 m gelbe, rotgefleckte Mergel.
5 b (10,70 m)	1 m hellgelbe, sandige Mergel, 9 m Steilabsturz von grauem Thon im Wechsel mit weissem Sand, 0,06 m weisse, plattige Sandsteine, 0,05 m Bonebed, eisenschüssige, sandige Breccie mit Zähnen von Lamniden, Hemipristis curvatus Dames, Aprionodon frequens Dam. (häufig), Myliobates (häufig), Chrysophrys sp., Platten, Wirbel und Flossenstacheln von Fischen,

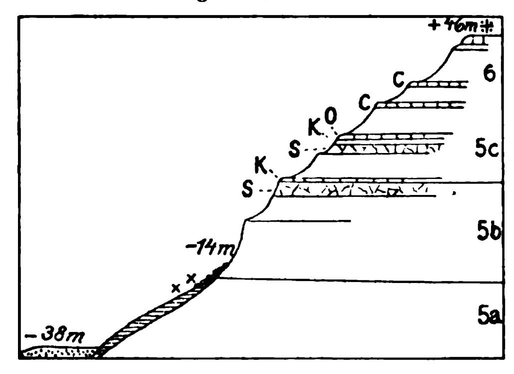
Schweinfurthi (Wirbel), Moeritherium Lyonsi Andr. (Oberkiefer), Moeritherium sp. (Unterkieferast).

5b (10,70 m)	0,30 m plattiger Sandstein, 0,10 - 25 m Bonebed wie oben, 0,10 m Mergel.
5a (15 m)	1,20 m gelbe Mergel, Stufe. 0,20 m braune Bank mit Muschelkernen, Macrosolen, Astarte, Ostrea, Turritella. Obere Turritellenbank. 2 - 3 1/2 m schwarzer Thon, 2 1/2 m gelbe, sandige Mergel, nach Osten dafür 5 m weisser und rostiger Sandstein, 1 m Gipsthon, 0,20—40 m rote Zeuglodonschicht oder mittlere Turritellenbank, Stufe bildend; viel Carolia, Turritella, 0,50 m gelbe Mergel mit grauen Thonzellen, Carolia, Schildkröte, 0,30 m weisser Sandstein, 1 m gelbe, graue, harte Mergel mit Skelet einer Sirene.
4 (2,10 m)	0,10 m rote Schicht mit Carolia und Turritella; untere Turritellenschicht, 1 m graue Mergel, 1 m Gipsthon.

Summe 45,80 m.

O. Berg (-┼- auf Schweinfurths Karte) dicht nördlich vom Westende der Birket el-Qerūn, = Gebel d'Archiac Mayer-Eymars. (20. 1. 1902.)

Fig. 14 (1 : 2000).



C = Caroliabänke. O = Austernbank. K = Schalenschicht mit Korallen und weissen Konchylienschalen. S = Schwarzes Mergelband mit weissen Gipsadern. × Knochen von Fischen und Landsäugetieren.

6 (c. 19 m)	2—3 m Caroliabank mit Carolia, Ostrea Reili, Mactra Fourtaui, Cardita, Cardium, Arca, Turritella pharaonica, Mesalia Locardi, 0,50 m weisse Mergel mit Brauneisenstein, 0,50 m Caroliabank, 9 m grüne Thone, 1 m Bank voll Turritella carinifera, Myliobates, 0,15 m Caroliabank, 4 m grünlich sandige Mergel mit Gips, 0,20 m Bank mit Carolia und Ostrea, 1 m härterer Kalk.
5 c (18,30 m)	7 m graugrüne und schwärzliche Thone, 1 m Kalk mit Austern und Lucinaschalen, 1 m gelbliche Mergel mit rötlichen Wülsten und weissen Schalen (ähnlich der roten Schalenschicht in II 2 bei Dimeh), Astrohelia similis, Lucina pharaonis, Cardita Viquesneli, Cytherea Newboldi, Nautilus, 9 m schwärzlicher, sandiger Thon mit weissen Gipsadern, 0,30 m gelbgraue Mergel mit rotbraunen Wülsten und weissen Konchylienschalen (Schalenschicht).
5 b (23 m)	11 m graubraune oder schwarze Mergel mit weissen Gipsschnüren, 12 m steiler Absturz aus gelblichem Mergelsandstein.
5 a und 4	c. 24 m Abhang verschüttet; stellenweise viele (eocäne) Fischknochen und subfossil Unterarmknochen von Camelopardalis, oberflächlich diluviale Seeablagerungen.
Summe 84,3 m.	Am Fusse Dünen.

Aus den gegebenen, in ONO.—WSW.-Richtung aneinander gereihten Profilen der Qasr es-Saga-Reihe geht die ganze Art ihrer Ausbildung in ihren einzelnen Abteilungen und Schichten nebst ihrer Fauna, die Art des horizontalen Wechsels u. s. w. klarer hervor, als aus langen Auseinandersetzungen. Doch sei es mir noch gestattet, in wenigen Worten die allgemeinen stratigraphischen Ergebnisse dieser Aufnahmen zusammenzufassen.

Die Schichten fallen durchweg mit geringer Neigung, etwa $1-2^{0}$, ein und zwar im östlichen Teil der Plateauwüste bis etwa zum Profil K am Korallenhügel gegen NNW., von

da an schlägt das Einfallen anscheinend mehr in WNW.-Richtung um, so dass weiterhin in der Richtung nach WSW. zum Westende des Sees allmählich jüngere Schichten an den Fuss des Hauptabfalls und auch an das Ufer des Sees herantreten. An dem von Schweinfurth mit dem Buchstaben Σ bezeichneten Berge nimmt die Vorterrasse von Dimeh ihr Ende und die zweite oder Hauptplateaustufe tritt direkt an den See. Damit verschwindet auch die Abteilung 2 mit der roten Schalenschicht und der charakteristischen „Schafheerde“, welche bis dahin in ziemlich gleicher Höhe über dem Seespiegel zu verfolgen war, von der Oberfläche und taucht unter denselben hinab.

Die Mächtigkeit der einzelnen Abteilungen nimmt namentlich durch Einschaltungen mächtiger Thon- und Mergellagen in der Richtung nach WSW. zu. Im Durchschnitt sind sie sechsmal so stark als am Mokattam z. B. in dessen Normalprofil C und siebenmal so stark als am Gebel el-Ahmar bei Profil D.

Die einzige Abteilung, welche am Mokattamgebirge (3—5 m) speziell bei Ajun Musa (hier 14 m) stärker ist als im Fajūm (hier $1^1/_2$ m)[1], ist die alleroberste 8, der Deckkalk mit Echinolampas Crameri. Die darunter liegenden Abteilungen 7 und 6 sind auch nur 2—3 mal stärker als am Mokattam, nur im westlichsten Profil N am Westende des Sees schwillt auch der obere Caroliakalk 6 durch Einschaltung von Thonen zu 19 m an.

Den allergrössten Gegensatz gegen die Ausbildung am Mokattam bekundet die mächtige Abteilung 5, welche bei Kairo eigentlich nur mit Mühe überhaupt nachzuweisen ist und allein im Fajūm ihre besondere Rolle spielt. Keine Abteilung der Oberen Mokattamstufe zeigt hier in lithologischer wie faunistischer Beziehung einen so ausgeprägten fluviomarinen Charakter, keine weist so sehr auf die Nähe eines einmünden-

---

[1]) In der Mitte zwischen Fajūm und dem Mokattam (vergl. Profil F und Figur 15 weiter unten) hält die Stärke dieser Abteilung (4—$6^1/_2$ m) die Mitte zwischen den im NO. und SW. zu beobachtenden Extremen.

den Flusses, des Urnil, hin, als diese. Auch ihre Mächtigkeit, ihr Verschwinden am Mokattam hängt mit letzterem Umstand zusammen. In allen Profilen des Fajūmgebiets schon von F an macht sich deutlich eine Zweiteilung der Etage 5 geltend.

Der höhere Komplex 5 b besteht aus den als mächtige Steilwand auffallenden aschgrauen, manchmal kohligen Schieferthonen mit Pflanzenresten und Sanden oder Sandsteinen, von denen letztere in Profil G und N einen wichtigen marinen Fischhorizont oder Bonebed reich an schönen Haifischzähnen enthält.

Die tiefere Gruppe 5 a, welche oben mit einer wohlausgebildeten Terrasse voller Austern abschliesst, setzt sich aus Austernbänken, Turritellenbänken und Carolialagen in wiederholtem Wechsel mit Mergeln, Thon und weissem Sand zusammen. Häufig sind rotbraune bis violette Knollen oder ganze Bänke von schwach eisenschüssigem Kalk mit Steinkernen von Bivalven und Gastropoden, unter denen solche der fluviatilen Süsswassergattungen Lanistes und Ampullaria (cf. ovata) neben echt marinen Formen (Gisortia, Cassidaria etc.) nicht selten sind. Diese Knollenkalke sind neben den Mergeln und Thonen das Hauptmuttergestein der Knochen und ganzer Skelette von marinen und fluviatilen Reptilien und Wassersäugethieren, denen sich leider nur sehr vereinzelt auch eingeschwemmte Reste von Landsäugethieren (Barytherium, Moeritherium) zugesellen. Der wichtigste derartige Horizont liegt ziemlich beständig dicht über der Basis von 5 a zwischen der „ersten“ und „zweiten Haupt-Turritellenbank“.

Nach Westen zu nimmt die fluviomarine Abteilung 5 derart an Mächtigkeit zu, dass man eine Dreiteilung vornehmen, nämlich über 5 b (23 m Sandstein und Mergeln) noch 5 c unterscheiden könnte, worin 2 rotbraun gefleckte Schalenschichten mit weissen Konchylienschalen (Cardita Viquesneli etc.) und Korallen ganz ähnlich denen von Dimeh in Abteilung 2 und eine Austernbank auffallen[1]) (siehe die Profile N, O).

---

[1]) Vergl. auch A. Kaiser, Reise um den Kurūn-See. S. 20.

Die Abteilung 4 hat als Decke eine „untere Turritellenbank“, die zuweilen auch als Ostrea Clotibank erscheint; in der Mitte liegt eine oft weithin auffallende Caroliabank mit riesigen, glänzenden Schalen dieser schönen Muschel und an der Basis folgt eine an Plicatula polymorpha sehr reiche, selten zu übersehende Lage.

3 ist am wenigsten in den Fajūm-Profilen charakterisirt und auch weniger wichtig. Wir lernten sie nur in Profil I, K und L am Fusse des Gebirgsabfalls kennen; am stärksten (16—17 m) erscheint sie am „Korallenhügel“. Hier herrschen Gipsmergel vor, denen sich Lagen mit grossen Austern (O. Fraasi und Hydractinien) einschalten.

Die Fauna der Abteilung 3—8 ist ziemlich einheitlich. Die meisten Arten gehen durch alle Abteilungen hindurch, soweit solche nicht überhaupt fossilarm oder leer sind, wie besonders 7. Daraus dürfte wohl hervorgehen, dass sämmtliche Abteilungen zusammen nur eine grosse Stufe bilden, nämlich das Obere Mitteleocän.

Die Korallen der Gattungen Astrohelia und Goniaraea wurden in 2, 3 und 5 c beobachtet, Hydractinia cornuta in 2—6 excl. 5 b (häufig nur in 2—3), die Seeigel Echinolampas Crameri und Anisaster gibberulus in 4 und 8, Euspatangus formosus in 4 und 5 a.

Carolien und Plicatula finden wir von 2—6, doch beschränkt sich das massenhafte Auftreten von Plicatula polymorpha unbedingt nur auf 4, die sogenannten Plicatulabänke. Ostrea Cloti, Reili, Fraasi und elegans beobachteten wir in 2—5 a.

Von der nach den Austern artenreichsten Gattung Turritella ist die allerhäufigste Spezies: T. angulata, welche Cossmann jetzt als pharaonica unterschied, schon im Untern Mokattam sehr verbreitet, dann im Obern in allen Turritellenlagen in 2, 4, 5 a, 6 und 8, ja sie geht noch viel höher mitten ins Oligocän hinauf. Von den übrigen Arten aus der Untern Mokattamstufe fand ich Turritella Boghosi Cossm. nur in II 4,

T. Hofana M.-E. (= Zitteli M.-E.) in II 2, 4 und 6. Charakteristische Arten der Obern Mokattamstufe sind T. Locardi Cossm. in 2, 4 und 6, T. vinculata Zitt. in 2, 4 und 5a, pseudoimbricata Oppenh. n. sp. (= cf. Desmaresti bei Blanckenhorn, Geologie Aegyptens II) in 3 und 4 (d. h. der „Untern Turritellenbank"), T. frandatrix Opp. n. sp. in 4 und 5a. Als Leitformen für bestimmte Abteilungen sind beachtenswert T. carinifera[1]) in 2 und 6, noch mehr aber T. Lessepsi M.-E. für 5a, d. h. die beiden oberen „Turritellenbänke", welche sie oft allein erfüllt.

Fischreste fanden sich in allen Abteilungen der Untern und Obern Mokattamstufe, die Sägefische bis jetzt nur in I 3, II 1, 5a und 5b. Flussfische (Schädel von Welsen) beschränken sich auf die fluviomarinen Schichten 5a, wo andererseits Haifischzähne fehlen. Panzer von Schildkröten und unbestimmbaren Knochen gibt es vielfach in 4, 5a und 5b, Zeuglodon in 1 und 5a, näher bestimmbare Reste von Schlangen, Krokodilen, Sirenen und Landsäugethieren nur in der fluviomarinen Abteilung 5a.

3. Zur Kenntniss des fluviomarinen Obereocän-Oligocäns der Libyschen Wüste.

Die auf das marine Mitteleocän in der Libyschen Wüste zunächst folgende zusammenhängende Reihe von Sedimentärablagerungen (von 125—250 m Mächtigkeit) gehört einer andern Facies an, die wir vorher nur in der Abteilung 5a der Obern Mokattamstufe an der Birket el-Qerūn wenigstens angedeutet finden. Sie ist eine fluviomarine Aestuarienbildung des „Libyschen Urnil", in welcher fluviatile, brackische und marine Bildungen wechseln, wobei aber die erstgenannten überwiegen. Das vorherrschende Gestein sind Sande und Sandstein, denen sich Kiese und gipsführende Thone anschliessen, während

[1]) Am Mokattamgebirge bei Kairo auch in I 4.

Mergel und Kalke selten sind. Dieser Gegensatz spricht sich an der Basis des Komplexes auch orographisch durch das weite Zurücktreten der vierten, aus diesen Schichten aufgebauten „Fajūmstufe" hinter dem scharfen Rand des mitteleocänen Plateauabfalls aus. Obwohl eine Diskordanz nicht direkt zu beobachten ist, könnte man doch speziell im NO. an eine Lücke oder Unterbrechung der Sedimentation zu Beginn des Obereocäns (Bartonien) denken und geneigt sein, den ganzen fluviomarinen Komplex ins Oligocän zu stellen. Mayer-Eymar fasst letzteren thatsächlich als Ligurien (Unteroligocän) und Tongrien (Mitteloligocän) auf, und glaubt das Bartonien hier nicht vertreten. Die ägyptischen Landesgeologen, Beadnell und ich, haben in ihren Schriften trotzdem sich für Obereocän und Unteroligocän ausgesprochen.

Die Frage des Alters, speziell der Grenze zwischen Eocän und Oligocän kann mit Sicherheit nur durch die paläontologischen Befunde gelöst werden. Aber grade da liegt die Hauptschwierigkeit und erheben sich schwer lösbare Rätsel.

Sieht man von den überall mehr oder weniger verbreiteten pflanzlichen Resten und vereinzelten Schildkrötenknochen ab, so lassen sich meines Wissens 5 wichtige fossilführende Horizonte (a—e) innerhalb des Komplexes unterscheiden:

Der tiefste, nahe der Basis gelegene, sandig-kiesige Horizont (a) liefert neben unglaublichen Massen von verkieselten Bäumen schwach verkieselte Knochen von Fluss und Land bewohnenden Reptilien und Säugethieren, die wenigstens, was die Säugethiere betrifft, wesentlich von der entsprechenden Fauna des ägyptischen Mitteleocäns abweichen, meist ganz neuen, noch unbekannten Gattungen angehören und, soweit überhaupt vergleichbar, mehr oligocänen Habitus aufweisen. Die Reptilien scheinen gleichen Gattungen, Tomistoma und Podocnemis, anzugehören, wie wir sie schon im Mitteleocän Aegyptens kennen lernten. Von Säugethieren hat man Wasserbewohner bis jetzt nicht wahrgenommen. Dagegen sind die Landbewohner durch ein merkwürdiges, nagethierartiges Raubthier (?) (Phiomia), das

nach Andrews[1]) zu den Creodontia oder Urfleischfressern gehört, die Hyracoideen oder Klippschliefer (? !) nach demselben Autor durch 2 Arten von Saghatherium Andr. gen. n., die Proboscidier durch Palaeomastodon g. n., die Anthracotheriden durch die sonst vorherrschend oligocäne Gattung Ancodus, endlich eine unbekannte Hufthierfamilie durch das wunderbare Arsinoitherium Zitteli Beadn. vertreten.[1])

Der zweite Fossilhorizont (b) wird gebildet aus rotem Sandstein mit Steinkernen fluviatiler Mollusken (Unio, Pseudodon, Mutela, Spatha, Lanistes), die den heutigen Formen des Nil und des tropischen Afrika nahe stehen, was übrigens ebenso für den oben erwähnten Lanistes subcarinatus und die Ampullaria cf. ovata der Abteilung 5a des Mitteleocäns gilt.

Dann folgt als Abschluss einer Plateaustufe ein in brackischem Wasser gebildeter Kalk (c) mit Abdrücken von Cerithium tiarella (bekannt aus Mittel- und Obereocän), Potamides tristriatus (des Mitteleocän), Potamides scalaroides (des Obereocän), Potamides conjunctus (des Mitteloligocän) und Melania Nysti (des Mitteloligocän). Diese Fauna ist sehr charakteristisch für die ganzen in Rede stehenden Ablagerungen. Man sieht eocäne und oligocäne Faunen Europas in der nämlichen Schicht gemischt und kann demnach schwanken, welchen von diesen zwei Gruppen man das entscheidende Gewicht beilegen soll. Ich selbst habe die unter dem Kalk liegende Gruppe von Sedimenten dem Obereocän zugerechnet und in diese brackische Bank die Grenze gegen das anbrechende mehr marine Oligocän gelegt.

Auf der Terrasse der Melania-Potamides-Kalke erhebt sich eine letzte fünfte Plateaustufe mit einem Basaltlager unterhalb des Gipfels. Ungefähr in der Mitte des Abhangs unter der Basaltdecke erscheint der vierte Fossilhorizont (d) in Gestalt von Sandstein mit sehr schlecht erhaltenen Abdrücken mariner

---

[1]) Phiomia ist nach meiner und Dr. Stromers Ansicht sicher kein Creodonte, Saghatherium kaum ein Hyracoide, Arsinoitherium aber ist im Zahnbau Coryphodon ähnlich, also wohl ein Amblypode.

Thiere, unter denen vom Schweinfurth-Plateau im NNW. der Birket nur Membranipora sp., Turritella pharaonica und nach Beadnell noch Pleurotoma ingens sicher bestimmt wurden. Die beiden genannten Arten sind uns aus der Mokattamstufe wohlbekannt, speziell T. pharaonica als eine der allergemeinsten Schnecken. Hierher gehört ferner die von Mayer-Eymar mühsam zusammengebrachte Suite von den Sandbergerhügeln im W. der Pyramiden von Gizeh und dem Gebel Fuchs, wovon ich nur folgende ziemlich sichere Arten erwähne: Lucina pharaonis (der Mokattamstufe), Natica cf. crassatina (des Oligocäns) und Turritella pharaonica. Also auch hier wieder eine Mischung von echt eocänen und oligocänen Arten, unter denen die ersteren diesmal überwiegen.

Aehnlich wie hier verhält es sich auch mit der fünften Fossilschicht (e), die über dem Basaltlager liegt und auf dem Gipfel des Kom el-Chaschab den obern Abschluss der ganzen fluviomarinen Reihe bildet. In meinen früheren Ausführungen über das Palaeogen in Aegypten[1]) hatte ich noch mit Mayer-Eymar geglaubt, dass die Fossilschicht an genanntem Punkte von genau gleichem relativem Alter sei wie diejenige der Sandbergerhügel und der Basis des Schweinfurth-Plateaus (d). Nachdem ich aber auf unserer diesjährigen Reise das durchgehende Basaltlager am Ostfusse der Whitehouse-Hügel und des Kom el-Chaschab sowie auch südwestlich davon in der Mitte der sandigen Schichtenreihe vorgefunden und am letzten Ort hoch über dem Basalt einen fossilführenden Kalksandstein, wie ihn Mayer-Eymar vom Kom el-Chaschab beschreibt, als oberste Lage entdeckt habe (vergl. die folgenden Profile), muss ich nunmehr auch in der obersten Sandsteinschicht des Kom el-Chaschab einen etwas höheren Fossilhorizont annehmen. Schweinfurth sammelte darin Tellina Bayani M.-E. (des Unteroligocäns), Turritella terebralis v. sulcifera Desh. (des Obereocäns, direkter Vorläufer der ähnlichen T. terebralis v. subgradata des Miocäns), Ficula Mayer-Eymari Blanck. (der Mokattamstufe, ver-

---

[1]) Geologie Aegyptens II, p. 462—64.

wandt mit F. condita des Miocäns). Ich selbst habe dieser Liste nur noch Lucina pharaonis (?) (der Mokattamstufe und des vierten Fossilhorizonts d) von meinem neuen Fundpunkt (in Profil Q) zuzufügen.

Nehmen wir nun für den ersten und zweiten (fluviatilen) Fossilhorizont a und b ein obereocänes, für die beiden letzten marinen ein unteroligocänes Alter an und legen die untere Grenze des Oligocän in die brackische Schicht, dann müssen wir die Folgerung ziehen, dass in Aegypten beziehungsweise Nordafrika und an seiner Nordküste zur Zeit des Obereocän oder Bartonien und gegen Ende desselben schon gewisse Thiertypen existirten, welche wir in Europa erst später kennen lernen (Ancodus, Melania Nysti, Cerithium conjunctum), also das Festland Afrika für Landbewohnende Säugethiere und das Aestuarium des Nil für Gastropoden ein sogenanntes „Schöpfungszentrum" bildeten, von dem diese Thiertypen ausgingen. Ferner, dass viele echt eocäne Typen sich hier in Aegypten (wohl infolge der Beständigkeit der Facies und äussern Lebensbedingungen) länger (noch bis mitten ins Oligocän) erhalten haben, als wir das für Europa gewohnt sind. Bei dieser Altershypothese gleichen sich aber jedenfalls die widersprechenden Momente der Mischfauna besser aus, als wenn wir einseitig auf die jungen Säugethiertypen Ancodus und Palaeomastodon und die oligocänen Gastropoden uns stützend, den ganzen fluviomarinen Komplex als Oligocän, die tieferen Lagen als Unteroligocän, die höheren marinen als Mitteloligocän oder Tongrien auffassen.

Auf unserer zweimaligen Reise ins Fajūm hatten wir viermal Gelegenheit, diese Schichten kennen zu lernen:

P. Ostabhang der Whitehousehügel[1]) Schweinfurths, von den Beduinen gewöhnlich auch Kom el-Chaschab genannt.
(7. 2. 1902.)

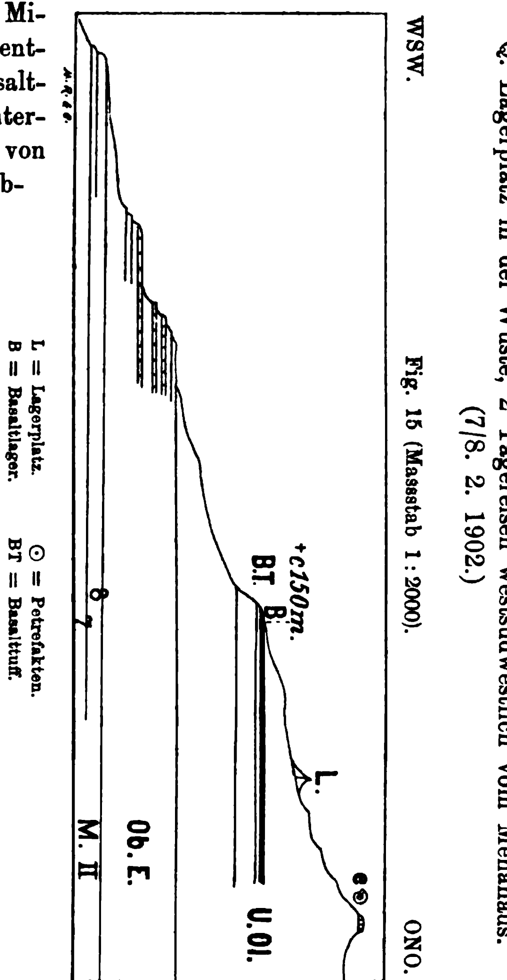
---

[1]) Vergl. Geol. topogr. Karte der Kreide-Region bei den Pyramiden von Schweinfurth. Peterm. Mitth. 1889. Taf. I.

Oben Grobes Geröll von Feuerstein, Kieselkalk, schwarzem Porphyr etc.

c.25–30 m:
- e. Violettbrauner, löchrig zerfressener Sandstein (darin an dem isolirten Kegel im N. dieser Hügelgruppe, dem Kom el-Chaschab im engeren Sinne, von Schweinfurth Petrefakten mit Schale gesammelt),
- Weisser Knotensandstein, Sande und Kies mit verkieselten Baumstämmen bis zu 14 m Länge.

In der Ebene, 25 Minuten vom Ostfuss entfernt, anstehend Basaltlager mit Kieselsinteradern (letztere auch von Schweinfurth beobachtet).



Q. Lagerplatz in der Wüste, 2 Tagereisen westsüdwestlich vom Menahaus. (7/8. 2. 1902.)

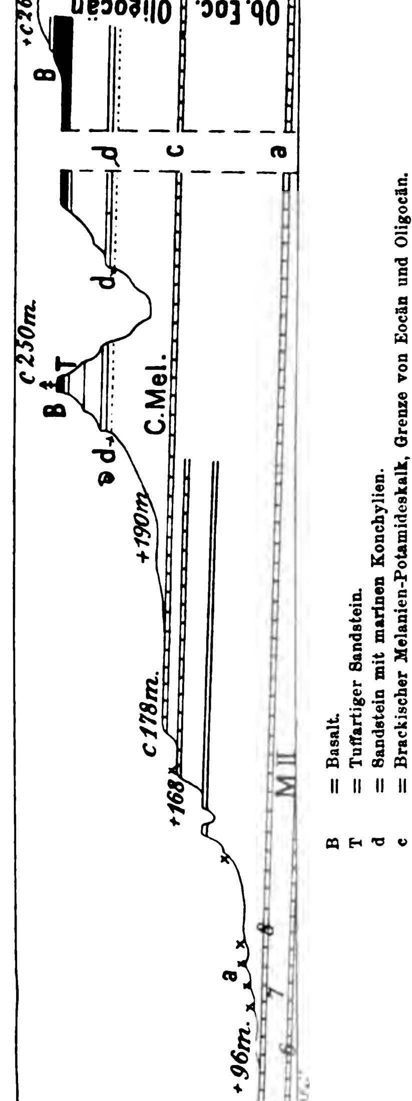
Fig. 15 (Massstab 1 : 2000).

Oligocän.	e)	c. 1 m Grauer, grober Sandstein mit Abdrücken von *Lucina cf. pharaonis* ? c. 30—35 m Knotensandstein, Sand und Kies mit vielen fossilen Baumstämmen, 1 m Basalt, oben plattig abgesondert und in Scherben zerfallen, unten schlackig löchrig, aschgrau verwittert mit runden Knollen dichteren Basalts und mit Drusen von Prasem und Chalcedon, grünen Mandeln von Delessit, Adern von Kieselsinter, 0,70 m grüner und violetter, geschichteter Tuff, 0,45 m gelblicher, eisenschüssiger Mergelsandstein oder rötlicher Knotensandstein, oben durch Kontakt verändert, 5 m Sand, violett oder weiss und Knotensandstein, c. 16 m aschgrauer Thon, Sand und Sandstein.
Obereocän.	c)	Stufe aus: 1 m Thoneisensteinlagen (3) mit Thon und Sand dazwischen, 1 m grauem Thon mit Gips, 0,15—25 m ockergelber Mergelkalkbank, ähnlich dem Melanien-Potamideskalk (c), 1,20 m grauem Thon, 0,25 m ockergelber Mergelbank, 3 m grauem Thon.
	a)	Tiefere Terrainstufe aus: 6 m oben hellrötlichem Kalk mit Kalkspathdrusen und Adern, darunter feuerrotem Sand, 3 m Sand, Sandstein und Kies mit versteinertem Holz (a).

(Die untere Fortsetzung dieses Profiles von dem unmittelbar folgenden Steilabsturz des Mitteleocäns bis zur Ebene siehe oben bei Profil F).

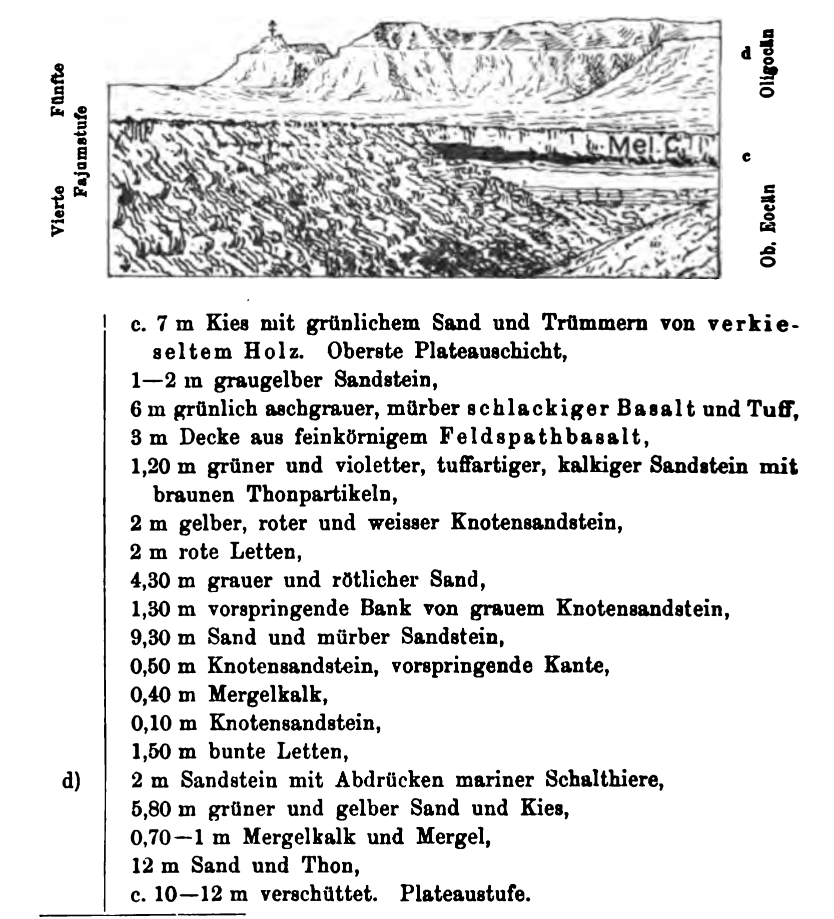
R. Südostecke des basaltischen „Schweinfurth-Plateaus", der höchsten Aufragung zwischen Wadi Natrun und Birket el-Qerūn und von dort hinab in OSO.-Richtung. (9.—10. und 16. 2. 1902.)

Fig. 16 (Massstab 1 : 4000).



B = Basalt.
T = Tuffartiger Sandstein.
d = Sandstein mit marinen Konchylien.
c = Brackischer Melanien-Potamideskalk, Grenze von Eocän und Oligocän.
×× = Verkieselte Baumstämme und fossile Knochen.
M II 8, 7, 6 = Obere Mokattamstufe des Profils G.

Fig. 17. Blick auf die SO.-Ecke des Schweinfurthplateaus von SO. aus.



d)

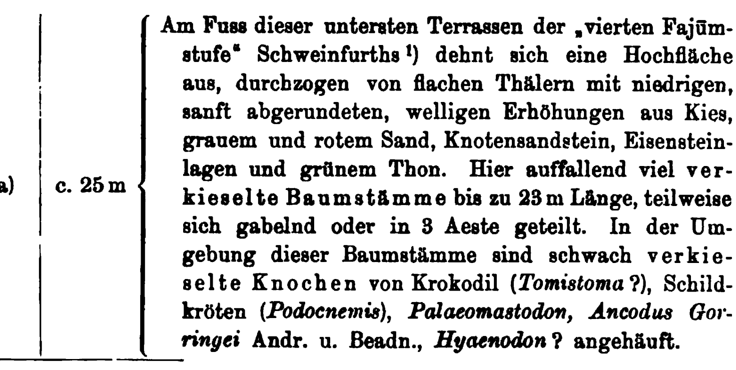
c. 7 m Kies mit grünlichem Sand und Trümmern von verkieseltem Holz. Oberste Plateauschicht,
1—2 m graugelber Sandstein,
6 m grünlich aschgrauer, mürber schlackiger Basalt und Tuff,
3 m Decke aus feinkörnigem Feldspathbasalt,
1,20 m grüner und violetter, tuffartiger, kalkiger Sandstein mit braunen Thonpartikeln,
2 m gelber, roter und weisser Knotensandstein,
2 m rote Letten,
4,30 m grauer und rötlicher Sand,
1,30 m vorspringende Bank von grauem Knotensandstein,
9,30 m Sand und mürber Sandstein,
0,50 m Knotensandstein, vorspringende Kante,
0,40 m Mergelkalk,
0,10 m Knotensandstein,
1,50 m bunte Letten,
2 m Sandstein mit Abdrücken mariner Schalthiere,
5,80 m grüner und gelber Sand und Kies,
0,70—1 m Mergelkalk und Mergel,
12 m Sand und Thon,
c. 10—12 m verschüttet. Plateaustufe.

(Summa c. 70 m).

c)

8-10 m:
Gelber Kalk mit *Melania Nysti* und *Cerithium conjunctum*,
Weisser Kalk,
Weisser Sand,
Roter Sand, Sandstein und Kies, unten mit vereinzelten Knochen von Schildkröten.

c. 40 m:
Wiederholter Wechsel von kreidigem und ockergelbem Mergelkalk mit Kalkspathdrusen, weissem und rotem Sand, Knotensandstein, Kies und buntem Thon, in mehreren Terassenstufen aufgebaut.



a) | c. 25 m | Am Fuss dieser untersten Terrassen der „vierten Fajūmstufe“ Schweinfurths[1]) dehnt sich eine Hochfläche aus, durchzogen von flachen Thälern mit niedrigen, sanft abgerundeten, welligen Erhöhungen aus Kies, grauem und rotem Sand, Knotensandstein, Eisensteinlagen und grünem Thon. Hier auffallend viel verkieselte Baumstämme bis zu 23 m Länge, teilweise sich gabelnd oder in 3 Aeste geteilt. In der Umgebung dieser Baumstämme sind schwach verkieselte Knochen von Krokodil (*Tomistoma*?), Schildkröten (*Podocnemis*), *Palaeomastodon*, *Ancodus Gorringei* Andr. u. Beadn., *Hyaenodon*? angehäuft.

Summa c. 75—80 m.

Die direkte Fortsetzung dieses Profils nach unten bildet das obige Profil G mit Figur 7.

S. Aufstieg vom Rande der dritten Fajūmstufe oberhalb des „Korallenhügels“ (vergl. Profil L. Fig. 11) zu meinem früheren Lagerplatz im Jahre 1898[2]) (bei + 132 m Meereshöhe).

Der Fuss des durch seine rote Farbe auffallenden Berges „Station IV“ meiner ehemaligen Kartenaufnahme[2]) besteht aus

1 m gelbem Sand und Knotensandstein mit weissen Knochen,
3 m roter Sand,
2 m bunte Letten.

Unterhalb des Fusses folgt eine Fläche mit einzelnen flachen Hügeln mit Knotensandstein und Kies. Dort Knochen von Krokodil, Schildkröten und grossen Landsäugethieren wie *Arsinoitherium* (Wirbelkörper von 12 cm Durchmesser), eine glatte höckerlose Schädeldecke eines grossen Hufthiers u. s. w.

---

[1]) Reise in das Depressionsgebiet im Umkreise des Fajūm. S. 141.
[2]) Vergl. dazu das „Querprofil durch den Fajūmgraben“ in meiner „Geologie Aegyptens“ II, Taf. XIV, Fig. 2 und S. 454.

4. Zur Kenntnis der Basalte Aegyptens.

An mehreren Punkten der Libyschen Wüste hatte ich Gelegenheit, anstehende Basalte sowie auch Gerölle von Basalt und anderen krystallinischen Felsarten anzutreffen. Da bisher nur eine einzige petrographische Beschreibung eines Basaltgesteins aus der Libyschen Wüste, nämlich der aus der Oase Beharieh von Ascherson mitgebrachten Gesteinsstücke durch Zirkel[1]) existirt, so erschien es mir von Bedeutung, Proben weiterer Vorkommnisse behufs näherer Untersuchung zu sammeln. Dies fand an folgenden Orten statt:

1. am Wege Menahaus-Qasr es-Saga 2 Tagereisen westsüdwestlich von ersterem, wo am 8. Februar in dem Oligocänprofil Q (Fig. 15)

a) ein feinkörniger dichter Basalt,
b) Basaltschlacke, stark verwittert,
c) lose liegende Mandeln von Chalcedon, sekundärem Quarz und einem grünen delessitartigem Mineral

gesammelt wurden;

2. auf dem Gipfel des Schweinfurth-Plateaus (Profil R, Fig. 16), von wo am 9. Februar Proben

a) der ausgedehnten oligocänen Basaltdecke,
b) der lokal an den höchsten Punkten noch darüber liegenden schlackigen kavernösen, bröckelig verwitterten Basaltschicht von 6 m Stärke,
c) des unter a liegenden tuffartigen Sandsteins entnommen wurden;

3. in der Ebene der Terrasse von Dimeh, ³/₄ Stunden westlich Qasr es-Saga, wo sich einige schwarze, breite, niedrige Hügel aus lauter Basaltblöcken in gerader Richtung senkrecht zum Fusse des Hauptgebirgsabfalls aneinander reihen, augenscheinlich als Teile eines ehemaligen (pliocänen?) Lavastroms;

---

[1]) Bei Zittel: Beiträge z. Geologie und Paläontologie d. Libyschen Wüste. Paläont. XXX. S. 121.

4. in der näheren Umgebung unterhalb Qasr es-Saga zwischen den dortigen Schutthügeln

a) eckiges scharfkantiges Geröll eines dunkelgrüngrauen krystallinischen Gesteins mit schwarzer glatter Oberfläche,

b) Gerölle von Basalt, entweder zu 2a oder zu 3 gehörig;

5. neben der Cheopspyramide (IV. Dynastie), wo Trümmer ihrer ehemaligen äusseren Basaltbekleidung herumliegen;

6. im Todtentempel der IV. Dynastie bei den Pyramiden von Abusir, wo der Fussboden des Säulenhofs aus Basalt gebildet ist.[1])

Diese verschiedenen Proben wurden an das Mineralogisch-petrographische Institut im Königl. Museum für Naturkunde zu Berlin, bezw. dessen Direktor, Herrn Geheimrat Professor Dr. Klein zu näherer Prüfung übergeben. Die durch Herrn Dr. Wolf daselbst freundlichst vorgenommene mikroskopische Untersuchung führte zu folgenden Resultaten:

Das Gestein 4a ist ein Amphibolit von körniger Struktur, zusammengesetzt aus Plagioklas und Hornblende.

„Der Kalknatronfeldspath ist nach Art der Gabbrofeldspathe tafelig entwickelt. Es ist ein basischer Feldspath mit grösseren Schiefen der Albitlamellen. Auf $M = \infty P \breve{\infty}$ (010) zeigt er eine Schiefe von -20°, entspricht also dem Labrador.

Die Hornblende füllt entweder die Zwischenräume zwischen dem Feldspath aus oder reichert sich nesterweis an. Man kann 2 Varietäten unterscheiden, eine grüne Hornblende und eine lichtere Varietät, die der strahlsteinartigen Hornblende näher steht und etwas stärkere Doppelbrechung aufweist. Die Hornblende dürfte aus Diallag durch Einwirkung des Gebirgsdrucks entstanden sein. Man kann vereinzelte, noch nicht völlig umgeänderte Diallage beobachten und die Stadien der Umwandlung zur Hornblende verfolgen. Ein geringer Erzgehalt ist dem Gestein eigen."

Das vorliegende Gestein ist anstehend aus der Libyschen

---

[1]) Diese Probe verdanke ich der Güte des Herrn Professor Schweinfurth.

Wüste nicht bekannt. Dagegen gibt es Hornblendegesteine und Gabbros ähnlicher Art zusammen mit Gneiss in der Gegend von Assuan[1]) und im krystallinischen Wasserscheidegebirge zwischen Nil und Rotem Meer.[2]) Es ist daher entweder als Gerölle des ehemaligen Libyschen Ur-Nil der Tertiärzeit in die Gegend von Qasr es-Saga transportirt oder, wie mir bei seiner Lage zwischen den Scherbenhügeln am Qasr es-Saga wahrscheinlicher wird, von Menschen verschleppt worden.

Das Gestein 2 a ist ein „grauer feinkörniger Feldspathbasalt von diabasisch körniger Struktur.

Der Plagioklas ist leistenförmig entwickelt; der Augit wird licht grünlich durchsichtig. Olivin ist nur spärlich vertreten, reichlicher dagegen leistenförmiges Titaneisen." Besonders charakteristisch für dieses Gestein sind die mit blossem Auge sichtbaren, grösseren, glänzenden Plagioklaseinsprenglinge bis zu 0,5 cm Durchmesser, neben denen seltener auch grosse Olivinkörner und Augitkrystalle wahrzunehmen sind.

An diesen Basalt schliessen sich die meisten anderen feinkörnigen Basaltproben in ihrer Beschaffenheit mehr oder weniger an. Besonders gilt das für Nr. 3, 5 und 6.

Auch das früher von Arzruni[3]) von Abu Zabel am Ismailia-Kanal nördlich Kairo beschriebene olivinarme Gestein gehört in dieselbe Gruppe, so dass man wohl berechtigt ist, für die Gesteine aus den Ruinen von Abusir und des Mantels der Cheopspyramide als Ursprungsort alte Steinbrüche der Gegend von Abu Zabel anzunehmen, wo ja auch heute noch der ganze Basaltbedarf von Kairo gedeckt wird. Beyrich[4]) bezeichnete den Durchbruch der Basalte von Abu Zabel als jungtertiär, ohne freilich Beweise dafür vorzubringen, während Beadnell

---

[1]) Bonney: Notes on the Microscopic Structure of some Bocks from the Neighbourhood of Assouan. Geol. Mag. 1886, p. 103.

[2]) E. Fraas: Geogn. Profil vom Nil zum Rothen Meer. 1900, p. 26 etc.

[3]) Sitzb. d. K. Akad. d. Wiss., Berlin 1882.

[4]) Ueber geognost. Beobachtungen Schweinfurths in der Wüste zwischen Cairo und Suēs 1882. S. 17.

ihn für gleichalterig mit den angeblich oligocänen Basalten der Oase Beharieh und des Schweinfurth-Plateaus hielt. Der Basalt von Beharieh ist jedenfalls nach Zirkels Beschreibung von den hier vorliegenden Basaltvarietäten ziemlich verschieden durch das reichliche Auftreten des Olivins und Apatits und das Fehlen der grossen Plagioklase.

Etwas reicher an Olivin als Nr. 2a, 3, 5 und 6 sind 1a, anstehend im Oligocän der Wüste halbwegs zwischen Menahaus und Qasr es-Saga und das Geröll 4b von Qasr es-Saga, zwei Gesteine, die im übrigen, speziell in Bezug auf die grossen auffälligen Feldspatheinsprenglinge sich ganz zu den anderen halten. Trotzdem muss 1a als altersgleich (oligocän) mit 2a angesehen werden, während 3 entschieden viel jünger ist. Denn dieser Basaltstrom im W. von Qasr es-Saga kann sich erst dann über die austernführenden Schichten des Mitteleocäns, die er bedeckt, ergossen und ausgebreitet haben, nachdem der ganze, über 200 m mächtige Komplex von Eocän- und Oligocänschichten, welcher zur Zeit der Bildung der Basaltdecke des Schweinfurth-Plateaus (2a) diese ganze Gegend bedeckte, am heutigen Nordufer der Birket el-Qerun wieder denudirt und die Austernschichten der Mokattamabteilung II3 blossgelegt waren. Das ist frühestens im Pliocän gewesen, in einer Zeit, in welcher auch die neuesten tektonischen Störungen im Nilgebiet und in der Libyschen Wüste vor sich gingen.

Das Gesagte bestätigt wieder die alte Erfahrung, dass benachbarte Vorkommnisse von Eruptivgesteinen von sicher gleichem Alter ebenso verschieden von einander sein können, wie solche von verschiedenem Alter einander gleichbeschaffen, so dass hier jedenfalls zwischen oligocänen und jungtertiären Basalten Aegyptens kein durchgreifender Unterschied in der mikroskopischen Beschaffenheit besteht, der berechtigte, aus letzterer allein Schlüsse auf das Alter zu ziehen.

Die schlackigen, stark verwitterten Gesteine 1b und 2b sind mehr glasig erstarrte, groblöcherige Basalte. „Die glasige Grundmasse ist mit Eisenhydroxyd durchtränkt. Die Plagio-

klase zeigen teilweise die für schnelle Erstarrung charakteristische sanduhrartige Skeletbildung. Der Augit ist schwach pleochroitisch. Das Titaneisen bildet lange Leisten."

Man könnte wenigstens bei der Gesteinsart 2 b, die das unmittelbare Hangende von 2 a einnimmt, meinen, es nur mit einer oberflächlichen Erstarrungskruste des tieferen Basaltlagers zu thun zu haben. Dem widerspricht aber der beobachtete Wechsel mit Tuffen und die Mächtigkeit, die derjenigen der tieferen, feinkörnigen, einförmigen Basaltmasse weit überlegen ist. Am Schweinfurth-Plateau beträgt sie 6 m, die des dichteren festen Basalts nur 3 m. Ausserdem ist die höhere Schlacken- und Tuffschicht beschränkt auf die allerhöchste tafelförmige Erhebung über dem ausgedehnten Basaltplateau, wie obige Fig. 16 zeigt, wo noch Sandsteine und Kies darüber folgend den Abschluss der oligocänen Sedimentreihe bilden. Hier glaube ich die höheren Basaltschichten auf einen besonderen zweiten, mit Tuffausbrüchen wechselnden Basalterguss zurückführen zu müssen.

In dem Oligocänprofil Q scheint der umgekehrte Fall vorzuliegen wie bei R, insofern die in lauter kleine Brocken zerfallende schlackige Varietät 1 b den unteren Teil des Basaltlagers einnimmt, wo sie aber auch einzelne rundliche echte Basaltknollen (1 a) umschliesst. Scherben von echtem, plattig abgesondertem Basalt nehmen hier das Hangende und geschichtete Tuffe das Liegende der schlackigen, mürben Lage ein.

Ein Delessit-artiges Zersetzungsprodukt (1 c), das oft alle Poren in 1 b erfüllt und auch in grösseren Stücken herumliegt, färbt das Gestein 1 b wie auch die dortige Erdoberfläche hellgrünlich.

Mehrfach liegen an beiden Orten, in Profil Q und R, zwischen den Brocken von 1 b und 2 b Mandeln aus Chalcedon und sekundärem Quarz (1 c), welche peripherisch oft durch Serpentinsubstanz grüngefärbt sind und dann wie Moosachat oder Prasem aussehen. Da derartige grüngestreifte Chalcedone und Quarze in den Kieswüsten des nördlichen Aegyptens eine häufige Erscheinung sind, ist es von Interesse, jetzt über ihre

Herkunft aus den oligocänen Basaltlagern der Libyschen Wüste Näheres zu erfahren. Bemerkenswert ist noch die oft schön gerunzelte wulstige Oberfläche dieser Mandeln, die den getreuen Abdruck der Wände früherer Hohlräume in der Lavaschlacke darstellt. Mandeln von milchweissem Chalcedon fanden sich übrigens auch in der Umgebung des jüngeren Lavastromes im W. von Qasr es-Saga vor.

Das früher als Tuff angesehene violette Gestein 2c im Liegenden der Basaltdecke am Schweinfurth-Plateau erwies sich bei näherer Prüfung als Sandstein mit kalkigem Bindemittel ohne basaltische Einschlüsse, aber mit braunvioletten eckigen Thonpartikeln, die jedesmal von einer Kalksinterkruste umhüllt sind.

Im Gegensatz dazu scheint unter dem Basaltlager 1 (Profil Q) wirklicher geschichteter Tuff von 0,70 m Mächtigkeit zu lagern, oben von grünlicher, unten von violetter Farbe.

5. Zur Kenntnis des Neogens und der Diluvialbildungen im Nilthal.

Schon in meiner Behandlung des Miocäns in Aegypten[1]) hatte ich in einem besonderen Abschnitt unter dem Titel „Angebliches Miocän des Nilthals“ den ausführlichen Nachweis zu liefern gesucht, dass sich im eigentlichen Nilthal nirgends **marine Miocän**ablagerungen vorfinden. Nach Fourtaus Angaben[2]) konnten 2 Punkte im S. der Pyramiden in dieser Beziehung in Frage kommen, nämlich die Südseite des Gebel Kibli el-Ahram, d. h. Schweinfurths[3]) Lokalität C und der Gipfel des Kom esch-Schellul, Schweinfurths Lokalität D. Nach dem a. a. O. mehr kompilatorisch aus der Literatur und Schwein-

---

[1]) Geologie Aegyptens III. S. 88—96.

[2]) Sur les sables à Clypeastres des environs des Pyramides de Ghizeh. Bull. Soc. géol. France (3), XXVI, 1898, S. 39. — Notes sur les Echinides fossiles de l'Egypte, Le Caire 1900, S. 28, f. 6.

[3]) Geologisch-topographische Karte der Kreide-Region bei den Pyramiden. Petermanns Mitth. 1889. Taf. I.

furths mündlichen Angaben und Sammlungsproben erbrachten Nachweis, dass an jenen Stellen Miocän nicht existire, blieb es mir übrig, persönlich noch einmal diese Lokalitäten genauer zu prüfen.

An der Lokalität C am Südende des oben (Profil E, Fig. 6) erwähnten Gebel Kibli el-Ahram fand ich mehrere Kuppen von anstehendem Gestein aus dem allgemein verbreiteten Wüstenkies und Schutt aufragend. Zwei davon waren aus kalkigem Pliocänsandstein mit Ostrea cucullata und der flacheren Spielart von Pecten benedictus gebildet, während sich die übrigen aus Eocänkalk, insbesondere einer Bank mit Carolia aufgebaut zeigten.

An der Lokalität D, dem Clypeasterfundort Kom esch-Schellul, ist die höchste Spitze von Kies und Geröll bedeckt. Der NNO. und O.-Abhang, nicht der Ostfuss dieses Hügels, ist von zahlreichen $^1/_2$—2 m tiefen künstlichen Löchern durchwühlt, wo von den Beduinen nach Clypeasterschalen gegraben worden ist und so der Pliocänsandstein ganz gut aufgeschlossen vorliegt. Hier findet man in den gleichen Handstücken von grobem Sandstein neben dem Clypeaster aegyptiacus Schalen von Pecten benedictus, speziell hier deren gewölbte hochrippige Spielart, dann Ostrea cucullata, Balanus, Membranipora, Serpula und Abdrücke von Cytherea chione, Ranella marginata, Xenophora infundibulum, Strombus coronatus v. Mayeri, Fischzähne u. s. w. Diese Fauna entspricht in jeder Hinsicht derjenigen der echten Cucullatasande.

Der kurze, aber erfolgreiche Besuch der Clypeasterfundstätte hat uns die schon früher ausgesprochene Vermutung zur Gewissheit erhoben, dass der Clypeastersandstein nur eine lokal beschränkte Facies —, keine besondere Stufe des marinen Mittelpliocäns von Aegypten darstellt, dass Clypeastersandstein und Cucullatastufe zeitlich zusammenfallen.

Das Vorkommen fester Sandsteine mit Steinkernen im ägyptischen Pliocän ist übrigens keineswegs auf jene Lokalität beschränkt; solche finden sich noch an vielen Stellen, besonders auf dem rechten Nilufer. Einzig ist nur das Auftreten des

Clypeaster und mehrerer anderer Seeigel am Kom esch-Schellul, was sich nirgends wiederholt, d. h. soweit man bis jetzt weiss. Darauf allein aber lässt sich keine Zweiteilung des marinen Pliocäns des Nilthals aufbauen.

Im Fajūm wurden auch von unserer Expedition keine ganz unbestreitbaren Beweise der Existenz einer pliocänen Meeresbucht in Gestalt von Fossilien vorgefunden. Doch konnten wir das Vorhandensein der eigenartigen senkrechten fingerdicken Löcher, die man auf die bohrende Thätigkeit von Meeresthieren zurückführt, rings um den See von Qasr el-Qerūn über Dīmeh bis Kom Muschim feststellen. Ausser diesen gewöhnlicheren Löchern von 2 – 3 cm Durchmesser beobachtete ich auf dem Nordufer des Sees auf einer Felsplatte aus eocänem Kieselkalk etwa 40 m über dem heutigen Seespiegel auch schüsselförmige von bald rundlicher Gestalt, bald eiförmig oder elliptisch buchtig etwa von der Form einer Unio oder andern queroblongen Bivalve von 6—10 cm Länge und 5—6 cm Breite. Diese Pfannen sehen gerade so aus, als seien sie von kugeligen Bohrkörpern, wie Seeigeln, die ihren Platz nur wenig verschoben, langsam eingegraben. Von Seeigeln selbst ist freilich keine direkte Spur mehr da. Die Wogen der Brandung und die spätere Deflation des Windes haben hier an den Ufern der Birket alle organischen Reste aus jener pliocänen Zeit vernichtet und auch die Eocänschichten in eigenartiger Weise ausgewaschen, so dass von ihnen nur die härteren Partien zurückblieben.

Ueber die Frage der Ausdehnung des Pliocänmeeres nach S. wurden auf unserer Expedition weitere Daten negativer Art gesammelt, welche meine frühere Annahme einer Nichtexistenz von marinem Pliocän im Thalbecken von Theben bestätigen. Barrons und Beadnells angeblicher Foraminiferenkalk von Erment oberhalb Theben mit echt pliocänen Foraminiferen war von mir s. Z. als Süsswasserkalk des obersten Pliocäns oder Diluviums mit Trümmern von Eocänforaminiferen auf sekundärer Lagerstätte gedeutet worden. Ich hatte freilich dieses Mal nicht das Glück, gegenüber Erment auf dem rechten

Nilufer das besagte Gestein mit vielen Operculinen etc., wie es Chapman beschrieb, anstehend zu schlagen. Dagegen gelang es mir, auf dem linken Nilufer hinter Qūrna bei Theben mehrfach ganz entsprechende weisse Kalksteine zu beobachten, welche in innigem Wechsel mit Nagelflue und Konglomeratschichten sowohl die dortige altdiluviale Melanopsisstufe als auch die mitteldiluviale Nilterrasse zusammensetzen.

An dem „Gesellschaftsgrab", genannt Saft el-baqara, im NO. des Sethostempels, nimmt dieser Kalk die Basis der jungen diluvialen Flussterrasse hart am Rande der Kulturebene ein. Dieses Gestein enthält, wie Dünnschliffe lehren, zahlreiche, stark verletzte, d. h. gerollte oder transportirte Schalen von winzigen Foraminiferen: Globigerina cretacea d'Orb., sicher bestimmt, G. cf. bulloides d'Orb., Textularia sp., Bolivina? sp., Plecanium? sp., Discorbina sp., Pulvinulina? sp. Das ist eine Gesellschaft von vorwiegend pelagisch lebenden Gattungen und Arten, wie sie nach Schwager sich vor allem in den Schichten der Libyschen Stufe speziell am Guss Abu Said bei der Oase Farafra vorfindet. Leider sind nach den Dünnschliffen keine genaueren Artbestimmungen möglich, da die Schalen nicht isolirt, also ihre Oberflächenformen nicht erkannt werden können. Zudem liegen nur Bruchstücke vor. Kein einziges Individuum ist unversehrt, von den meisten ist höchstens zwei Drittel der Schale erhalten, deren innerste konsistentere Teile, das Gerippe. Von den besonders häufigen Globigerinen sieht man viele einzelne Kammern oder Paare derselben. Im übrigen besteht das Gestein aus klein geriebenen Schalentrümmern von Mollusken und sonstigem Grus, der durch Kalkschlamm verkittet ist. Makroskopisch wie mikroskopisch macht das Gestein durchaus den Eindruck eines klastischen Haufwerks von kleinen zusammengeschwemmten Teilen von Kreide- und Eocänkalk. Als Muttergestein kommen in Betracht: 1. der weisse Kreidekalk mit Ananchytes und Schizorhabdus, Schicht 6 in Delanoües Profil von Theben, 2. die noch kretaceischen Blättermergel oder Esnehschiefer, die wir anstehend vom benachbarten Dēr el-Bahri kennen lernten und die sich nach d'Archiac durch grossen

Reichtum an Foraminiferen, insbesondere Globigerinen und Rotaliden, auszeichnen, 3. die Kalke der Libyschen Stufe in der Umgebung der Wadijēn. Brecciöse Lagen von Feuerstein- oder Hornsteinstückchen, die dem Kalksteine eingelagert sind, leiten in das Konglomerat oder in grobe Breccie mit Bindemittel aus sandigem Kalk über.

Ganz dieselben Gesteinsarten begegnen uns 1,6 km oberhalb des Sethostempels im rechten Seitenthal des Wadijēn oberhalb der Einmündung des Thals der Königsgräber. Ein alter Steinbruch, an dessen Wänden noch die Kartusche des Pharao Hophrah der 26. Dynastie zu lesen ist, erschliesst eine 6 m mächtige Kalksteinschicht innerhalb der dortigen jungpliocän-altdiluvialen Schotterterrasse. Dieser Kalk umgibt von hier aus im Wechsel mit Konglomerat und Thonlagen die Gebirgsschluchten der unteren Wadijēn und am Aufstieg zum Wege nach Huh. Auch eine von letztgenanntem Punkt entnommene Probe lieferte mir Foraminiferen (auf sekundärer Lagerstätte), nämlich Nummulites sp., Virgulina aff. Schreibersi Cziz.??

An dem diluvialen Alter und dem fluvio-lacustren Charakter dieser Kalke ist wohl kaum zu zweifeln. Beadnell selbst hat sich neuerdings in einer Unterhaltung mit Herrn Professor Schweinfurth in diesem Sinne auch betreffs des Gesteins von Erment ausgesprochen und damit seine frühere Hypothese einer marinen Ueberflutung des oberen Nilthals bei Theben zur Pliocänzeit berichtigt.

Die Diluvialbildungen bei Theben verdienen auch noch in einer anderen Beziehung ein besonderes Interesse, nämlich in anthropologischer. Die Flussterrassenschotter der Diluvialterrasse von Qūrna an der Mündung der Wadijēn ins Nilthal zeichnen sich durch Führung von eingeschwemmten menschlichen Kieselartefakten aus, wie das zuerst General Pitt Rivers 1882 feststellte.

Der vertikale Aufbau dieser Terrasse wird uns in vortrefflichster Weise durch einige grosse Grabanlagen, sogenannte „Gesellschaftsgräber", erschlossen. So bietet sich uns an dem schon oben erwähnten Saft el-baqara folgendes Profil:

T.

Oben 5—7 m Nagelflue mit festeingebackenen echten Artefakten zwischen den wohlgerundeten Kieselgeröllen;

darunter der oben beschriebene weisse Kalk mit Resten kleiner Foraminiferen 0,70 m.

Etwas anders gestaltet sich das Profil an der NO.-Wand eines zweiten, Saft el-Diaba genannten Gesellschaftsgrabes:

U.

Oben 0,50—75 m weisser, tuffig poröser Kalk, äusserlich schmutzig rötlich.

2 m grobes Konglomerat.

1,70 m kalkiger, schwach kiesiger Nilschlamm, in den hier die einzelnen Grabkammern eingeschnitten sind.

Unsere prähistorisch-anthropologischen Studien an diesen Lokalitäten hatten wir das seltene Glück, unter der sachkundigen Führung des Herrn Professor Dr. Schweinfurth anzustellen. Ueber die Ergebnisse derselben habe ich bereits an anderer Stelle[1]) ausführlicher berichtet, ebenso auch Schweinfurth.[2]) Indem ich auf diese Veröffentlichungen des Näheren verweise, führe ich hier nur die wichtigsten Punkte an.

Die Schottermasse von Qūrna scheint mir der älteren von zwei diluvialen, in Aegypten beobachteten Flussterrassen zu entsprechen, welche ich vorläufig geneigt bin der „Hochterrasse" der vorletzten oder Haupteiszeit (Europas) parallel zu stellen. In dem festen Konglomerat dieser Terrasse finden sich nun zweifellose Artefakte verschiedener Art, welche der ersten und zweiten paläolithischen Periode, dem Acheuléen und besonders dem Moustérien in Frankreich und Belgien eigentümlich sind. Die ursprüngliche Lagerstätte dieser Artefakte sind die an Feuersteinlagen reichen Hochplateaus der Libyschen Wüste

---

[1]) Die Geschichte des Nilstroms in der Tertiärzeit und das Alter des paläolithischen Menschen in Aegypten. Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde, Berlin 1902.

[2]) Kiesel-Artefacte in der diluvialen Schotter-Terrasse und auf den Plateau-Höhen von Theben. Verh. d. Berliner anthropol. Ges. Juli 1902.

im Umkreise des Circus der Königsgräber, wo die menschlichen Uranwohner vermutlich während der Interglacialzeit vor der Bildung obiger Terrasse die Moustier-Artefakte schlugen. Ist meine Hypothese des Alters der Terrasse von Qūrna richtig, dann ginge daraus hervor, dass die Kultur der Moustierepoche in Aegypten schon vor der vorletzten Eiszeit existirte, d. h. etwas früher als in Europa.

6. Das Pliocän des Wadi Natrūn.

Von grösstem Erfolge in geologisch-stratigraphischer Beziehung war unser Ausflug nach dem Wadi Natrūn. Die bisherige Auffassung des Alters der dortigen Pliocänschichten ist danach wesentlich zu verbessern.

In meiner „Geologie Aegyptens IV" hatte ich seit Russegger (1841) zum ersten Male die geologisch-stratigraphischen Verhältnisse des Wadi Natrūn einer ausführlichen Erörterung unterzogen; aber das mir damals zur Verfügung stehende Material war bei einem nur kurzen, anderthalbtägigen Besuche von mir gewonnen und deshalb zu unvollständig.

In diesem Jahre verweilte ich (teilweise wider Willen, nämlich wegen Verkehrsunterbrechung infolge heftiger Gewitterregen) vom 24. Februar bis zum 2. März, d. h. 7 Tage daselbst und hatte das Glück, viele neue Fossilienfunde zu machen.

Bei diesen Studien fand ich die liebenswürdigste Unterstützung bei den Herren Generaldirektor Hooker in Kairo, Direktor Lübhy und v. Tschudi in Alexandria und sämmtlichen Beamten der Egyptian Salt and Soda Company in Bir Hooker, insbesondere Herrn Chemiker Dr. Werdenberg, denen ich nicht verfehlen möchte, hierdurch meinen wärmsten Dank auszusprechen.

Früher hatte ich geglaubt, 2 verschiedene Pliocänhorizonte auseinanderhalten zu müssen: ich hatte die Hauptmasse der Schichten des Wadi dem Unterpliocän zugerechnet, dagegen einen mir nicht anstehend bekannten Sandstein mit vielen marinen Conchylienresten als mittelpliocän aufgefasst. Meine neuen Untersuchungen bewiesen mir, dass dieser fossilreiche

Sandstein der Hauptgruppe einzureihen ist und das Ganze dem Mittelpliocän (Astien) des Nilthals zeitlich genau entspricht. Allerdings ist die Facies durchaus verschieden, nämlich fluviomarin. Der Komplex ist ein Wechsel von fluviatilen, brackischen und marinen Schichten. Im ganzen herrscht der brackische Charakter wie an der Mündung eines grossen Flusses vor.

Den Ausgangspunkt unserer Betrachtung bildet das Normalprofil am Gart Muluk, von dem aus wir das ganze Thal entlang nach OSO. wandern wollen.

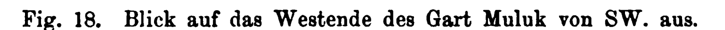
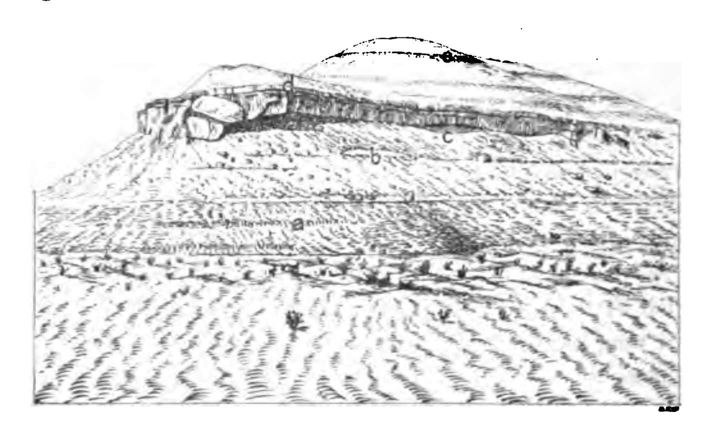


Fig. 18. Blick auf das Westende des Gart Muluk von SW. aus.



V.

Profil vom Gipfel des Hügels zur Basis:

0,60 m Gipsbreccie,

1 m grünlicher, gipsiger Sand mit Kiesgerölle, oberflächlich in Kiesbreccie übergehend,

2 m dunkler Schieferthon,

c | 0,10 m Kalkbank, auf der Südseite ganz zusammengesetzt aus Schalen von Cytheridea Mulukensis Schack., auch Fischknochen,

10 m { grüner Sand, grüner Thon. (Hier soll angeblich am Ostende des Hügels ein fossiler Krokodilschädel ausgegraben sein.)

d	0,30 m kalkiger Sandstein mit zahlreichen Abdrücken von kleinen Hydrobien, Cerithium conicum v. Caillaudi, Melania tuberculata? und Lucina sp. cf. leucoma, Schalen von Cytheridea. Vorspringende Stufe.
	0,20 m Thon mit einer Steinmergellage,
	0,08 m Kalkbank mit senkrechten Höhlungen.
c	c. 6 m { Grüner und schmutzig-grauer, thoniger Sand, weisser, grober Sand,
	0,03 m weisser Sandstein,
	0,20 m grüner Thon.
b	0,15 m Grüner, sandiger Thon mit Marienglas. Auf der SW.-Ecke des Hügels Schalen von Ostrea cucullata und seltene Fischknochen, 12 Schritt weit zu verfolgen, sonst ohne Fossilien.
	2,60 m graue, sandige Gipsletten mit Knochen,
	0,50 m grauer Schieferthon.
a	1 m Schwarzer, kohliger Schieferthon mit Pflanzenresten,
	0,20 m dunkler Schieferthon mit roten Flecken,
	0,65 m Sand.

Hier wurde also jetzt in der harten Schicht d, die, wie die Abbildung zeigt, am meisten stufenbildend am Abhang vorspringt, eine früher unbemerkt gebliebene brackische Fauna entdeckt, wodurch die Schicht erhöhte Bedeutung erlangt. Aber auch im übrigen ist diese Lage von grösster Wichtigkeit, insofern sie überall im Wadi Natrūn wiedergefunden wird und auch technisch ihren doppelten Wert als einziger Baustein und als Kohlensäure-Lieferant besitzt, daher abgebaut wird. Es ist der Horizont, den ich früher[1]) als mittelpliocänen Sandstein mit Lucinen und Cerithien, dessen Anstehendes nicht bekannt sei, dem unterpliocänen Komplex vom Gart Muluk gegenübergestellt hatte.

Der Gart Muluk bietet das einzige vollständige Profil mit Schichten jünger als d. Alle übrigen besseren Profile des Wadi Natrūn schliessen mit dieser widerstandsfähigsten Schicht e nach oben ab, welche mithin die Oberfläche einnimmt. Das gilt zunächst für die Vorhügel dicht östlich vom Gart Muluk, welche die Ruinen eines Hauses tragen. Hier beobachtet man an deren steilem Südabfall:

[1]) Geologie Aegyptens IV. S. 318.

W.

d	0,15 m schiefrige Sandsteinlagen mit Thon und Gips dazwischen,
	0,10 m grünen Thon,
	0,08 m weissen, kreidigen Kalk mit seltenen Schalen von Cytheridea Mulukensis,
	0,12 m Sandstein, eine vorspringende Kante bildend,
	0,10 m grünen Thon,
	1 m schmutzfarbenen, thonigen Sand,
	1,50 m grünen Sand,
c	0,50 m Sand und Kies,
	0,50 m feinen, bunten Sand mit Thonlagen,
	0,50 m grünen Thon,
	1 m grünen, geschichteten Sand, Sand, Kies und Gips.

Die unter c zusammengefassten, hier tiefsten Lagen von Sand, Kies und grünen Letten sind der Hauptknochenhorizont, welcher namentlich an der westlichen Umrandung des betreffenden Hügels und zwischen ihm und dem Gart Muluk in grosser Ausdehnung an die Oberfläche tritt und die meisten[1]) der im Wadi Natrūn gesammelten fossilen Fisch-, Reptilien- und Säugethierreste geliefert hat.[2]) Von wichtigeren Fundobjekten nenne ich hier den 1898 von mir gefundenen, von Andrews[3]) abgebildeten Molar von Hippotragus? Cordieri de Christol, desgleichen Hornzapfen und Extremitätenknochen von Antilopen, Skeletteile eines Hipparion, Rhinoceros, Elephas, eines Suiden, Cameliden, Wirbel von Struthio und Pythoniden, Knochen und Zähne von Krokodil, Trionyx, einer andern Schildkröte mit glattem Panzer, Flossenstacheln von Teleostiern etc. Auch verkieseltes Palmen- und Dicotyledonen-Holz kommt neben den Knochen vor.

[1]) Die von Lyons gesammelten Zähne von Hipparion sp. und Hippopotamus hipponensis Gaudr., welche Andrews soeben beschrieben hat, stammen, soweit ich gehört habe, vom Gart Muluk selbst aus einer etwas höheren Lage, desgleichen ein Krokodilschädel.

[2]) Diese Knochen befinden sich jetzt teils im British Museum, teils in der Münchner paläontologischen Sammlung, teils im Museum Senckenbergianum zu Frankfurt a. M.

[3]) Note on a Pliocene Vertebrate Fauna from the Wadi Natrun. Geol. Mag. 1902, pl. XXI, f. 7—8.

Im OSO. des Gart Muluk und seiner Vorhügel ist über der Schicht d als Boden das neue Arbeiterdorf der Sodafabrik erbaut, in dessen Umgebung zahlreiche Bausteinbrüche den Untergrund bloslegen. Dicht ostsüdöstlich des Dorfes im SSW. der Sodafabrik lässt sich diese Schichtenfolge beobachten:

X.

Kiesdecke.

d {
0,20 m weisser Sand mit Salzeffloeescenzen,
0,10 m weisser Sandstein,
0,80 m grüner, salzhaltiger Thon,
? plattiger, schiefriger Kalk, teilweise sandig, in Kalksandstein übergehend. Abdrücke von Cerithium conicum v. Caillaudi, Lucina leucoma, Mactra subtruncata, Cytherea subundata, lokal Platten mit viel Ostracoden, an andern Stellen Fischschuppen und Gräten.

Von speziellem Interesse ist hier in der Kalkbank das vereinzelte Auftreten von sogenannten „sechstheiligen" pyramidenförmigen[1]) Steinsalzpseudomorphosen,[2]) wie sie gewissen dolomitischen Kalken oder Steinmergeln (niemals Mergeln oder Quarzitbänken) des mittleren Muschelkalks, Trochitenkalks, Grenzdolomits und Steinmergelkeupers in Deutschland (z. B. Netra in Hessen, Eiksermühle-Schwerfen bei Zülpich) eigen sind.

200 Schritt südlich von diesen Steinbrüchen erschien die untere, bis hierher vorherrschend kalkige Lage des Horizonts d vollständig als Sandstein von 12 cm Dicke mit Gastrana fragilis, Lucina leucoma, Tapes cf. geographicus, Cerithium vulgatum, Potamides conicus v. Caillaudi und mamillatus, Nassa reticulata. Hier war die Herkunftsstelle des früher von mir a. a. O. S. 318 besprochenen, aber damals nicht anstehend beobachteten Gesteins mit Lucinen und Cerithien. Eine 30 cm dicke Lage eines grünen, gipsigen Thons mit einem Zahn von Carcharias (Prionodon) nimmt über ihm die Oberfläche ein und ebenso erscheint grüner, sandiger Thon als seine Unterlage.

---

[1]) Blanckenhorn, Die Trias am Nordrande der Eifel zwischen Commern, Zülpich und dem Roerthale. p. 69 und 127.

[2]) Nicht zu verwechseln mit den bekannten würfelförmigen Steinsalzpseudomorphosen auf der Unterfläche von Mergel- und Quarzitplatten.

Auch im NO. des Arbeiterdorfes und an der Sodafabrik treten die Kalksteine des d-Horizontes bei gleicher Höhenlage unter dem Meeresspiegel unter dem Sand, Kies, Schutt, der Gipsbreccie oder der Natronkruste der Oberfläche im Boden auf, sind aber hier, von vereinzelten Ostracoden abgesehen, versteinerungsleer. —

Im übrigen sollen nach Aussage des Werkführers der Fabrik Oesterle früher in 7 Meter Tiefe bei Drainagearbeiten rings um die Sodafabrik rundliche Austern von 12 cm Durchmesser zwischen hellem Sand gefunden sein. Vielleicht waren dieselben identisch mit den von Mayer-Eymar am Mokattam, von mir nördlich Moghara in der Cucullatastufe gefundenen Ostrea plicatula Gmel. oder mit der O. lamellosa Brocc.

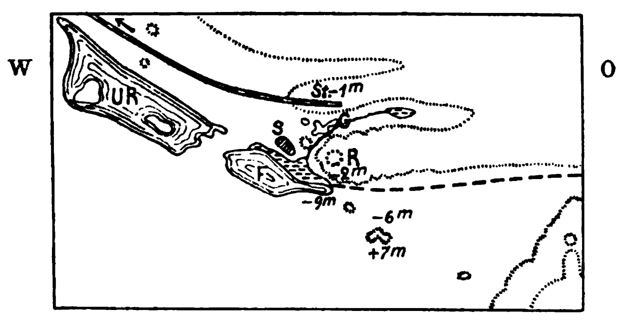
Die höheren Sand- und grünen Thonlagen, die wir von der Spitze des Gart Muluk kennen lernten, erscheinen erst wieder oberhalb nordöstlich von der Fabrik in schlechten Aufschlüssen.

In der Richtung nach OSO. von Bir Hooker schwillt nun die kalkige Abteilung d innerhalb des Pliocäns mächtig an. Am Ostende des Wadi Natrūn bei dem Dorf Beni Salameh hat die Egyptian Salt and Soda Company ausgedehnte Steinbrüche in diesem Kalk angelegt, welche durch eine schmalspurige Eisenbahn mit der Fabrik in Verbindung stehen. Der hier als Kreide mit Feuersteinlagen entwickelte Kalk wird nicht als Baustein, sondern zur Gewinnung von Kohlensäure (bei Verbrennung mit Coaks) zum Zwecke der Ueberführung der aufgelösten Natronsalze in schwerlösliches Bikarbonat gewonnen. Der Kreidekalkschiefer erscheint dort, unterbrochen von 6 dünnen Feuersteinlagen, in einer Mächtigkeit von 1 m über grünen Sanden. Die untersten Bänke enthalten viele Abdrücke von Potamides conicus v. mamillatus, v. typus und v. Salamehensis n.,[1]) Melania tuberculata, Hydrobia sp. und Cytheridea Mulukensis.

---

[1]) Cerithium (Potamides) conicum v. Salamehense n. hat nur eine breite obere Knotenreihe und darunter 2 gleiche knotenlose Spiralreifen.

Fig. 19. Ostende des Wadi Natrûn.



UR = See Umm Bischa.
F = See Fasda.
S = Dorf Beni Salameh.
St = Kreidesteinbrüche und alte Gräber.
G = Schlackenhalden einer alten Glasfabrik.
R = Ruinen eines alten Dorfs oder Stadt.
: _ Schmalspur. Eisenbahn von Bir Hooker.
\- - - Hypoth. Verlauf einer Längsverwerfung.

Südlich von den Steinbrüchen und den Halden einer alten Glasfabrik setzt sich eine ebenso hohe Terrasse, auf der die Ruinen einer alten Stadt liegen, zusammen aus

Y.

d { oben 2 m Kalkplatten mit Bythinia sp.,[1] Hydrobia sp., Cytheridea Mulukensis,
1 m Sand,
0,35 m Kalkbank,
1,50 – 3 m grünem Sand.

Aus der Flugsand-bedeckten Ebene im S. dieser Terrasse erheben sich einzelne isolirte Plateauhügel bis zu 14 m relativer

---

[1]) Newton (Egyptian Lower Tertiary Shells. Geolog. Mag. 1898, p. 533) erwähnt numerous casts of Limnea, Melanopsis, Potamaclis, Bithynia, etc. observable in a highly saliferous white, chalky limestone of variable hardness aus dem Wadi Natrun, die er, obwohl sie nicht näher bestimmt werden konnten, mit Vorbehalt dem „Oligocene?“ zurechnet. Möglicherweise handelt es sich hier um die in Rede stehende Pliocänschicht aus Beni Salamehs Umgegend.

Höhe, d. h. c. 4—7 m über dem Meeresspiegel. Der charakteristischste wurde von mir bestiegen und zeigte folgendes Profil:

Z.

d | 1,20 m Kalk mit Flint von Gips überkrustet. Darin viele Ostracoden, Cerithium conicum v. Salamehense n. und Hydrobien,
| 11 m grüner Sand,
| 2 m bunter Thon bis zum Fusse.

7. Zur Tektonik des Sedimentärgebirges.

Die landläufige, noch in den neuesten Lehrbüchern[1]) ausgesprochene Meinung, dass die grösseren Oasen-Depressionen der Libyschen Wüste einfach auf Grabenbrüche oder Kesselbrüche zurückzuführen seien, hat schon lange ihre allgemeine Berechtigung eingebüsst. Viele bei flüchtigem Besuch zuerst angenommenen Verwerfungen erweisen sich bei fortschreitender genauerer Prüfung als zweifelhaft. Auch unsere Reise brachte derartige negative Resultate:

1. Im Wadi-Natrūn[2]) wurde der auffälligste, auch durch Fossiliengehalt ausgezeichnete, kalkig-sandige Schichtenhorizont „d" über grosse Strecken verfolgt und so zur Beurteilung der Lagerungsverhältnisse eine schwache Grundlage gewonnen. Dabei ergaben sich keine besonders grossen Gegensätze in ihrer Höhenlage. Längs der Hauptkette von Salzseen, welche

---

[1]) In Hahn, Afrika, 2. Aufl. Allg. Länderkunde von W. Sievers 1901, lesen wir S. 494 von der nordafrikanischen Wüstentafel: „Die Höhendifferenzen des Bodens entstehen meist durch Einbrüche, die sowohl in der Form der Grabenbrüche, als auch in der der Kesselbrüche vorkommen." — Ferner bei Ratzel, Die Erde und das Leben 1901, S. 574. „Die Oasen im N. der Libyschen Wüste sind durchaus vereinzelte Einbruchsgebiete."

[2]) Nach Ratzel a. a. O. S. 245 läge hier ein typischer „Graben" vor: „Eine ausgezeichnete Bildung dieser Art ist das Natronthal, ein von OSO. nach WNW. gerichteter, 100 km langer Grabenbruch westlich vom Nil, der von mehreren Parallelbrüchen begleitet wird." Worauf sich Ratzel bei dieser so bestimmt ausgesprochenen Auffassung stützt, ist mir unklar. Geologen drücken sich gewöhnlich bei tektonischen Fragen zurückhaltender aus.

in der Richtung WNW.-OSO. aneinandergereiht die tiefsten Teile der Depression einnehmen, liegt die Schicht d relativ am tiefsten. Von da steigt sie anscheinend gegen die Aussenränder d. h. gegen NNO. und SSW. an. Die gradlinige Hauptseenkette, d. h. exclusive des Muluk-Sees und seines Nachbarn im Osten, scheint einer Mulde zu entsprechen, an deren Axe stellenweise auch ein geringer Verwurf stattfand.

In der Umgegend von Bir Hooker rechnete ich für die Schicht d am Gart Muluk die Meereshöhe — 8 m, an den östlichen Vorhügeln des letzteren — 10 bis — 11 m, am neuen Arbeiterdorf — 18 bis — 19 m, dann auf der N.-Seite des Muldentiefsten am Skull Point im O. des Gebara-Sees — 18 m aus. Am O.-Ende des Wadi Natrūn liegt der höchste gemessene Punkt der Schicht d ebenfalls im SSW. des gedachten Längsbruchs, nämlich im SO. vom spitzen Ende des letzten Sees Fasda (vergl. die Skizze Fig. 19). Hier steigt die Schicht in den aus der Thalebene (in der Verlängerung der Seeenkette) aufragenden Temoins zu + 7 m Höhe empor. Nördlich wird diese — 6 bis — 8 m tiefe Ebene geradlinig in O.-W.-Richtung von einer Terrasse begrenzt, welche die Ruinen einer alten Stadt trägt und oben in — 2 bis — 3 m Höhe von der harten Kalkschicht d bedeckt wird. Weiter nordwärts steigt diese Terrasse gleichmässig an, so dass die Kreidesteinbrüche bei Beni Salameh die gleiche Schicht bereits in — 1 bis 0 m Meereshöhe aufweisen. Zwischen dem + 7 m hohen Hügel und der „Alten Stadt-Terrasse“ in — 2 m bis — 3 m Höhe ist also der grösste beobachtete Höhenunterschied. Hier dürfte eine streichende Verwerfung vorliegen, die bei Bir Hooker weniger zum Ausdruck kommt.

Ob das gegen NNO. gerichtete Einfallen des Südflügels sich auch noch über die südwestliche Paralleldepression des Muluk-Sees hinaus bis zum SSW.-Rand des Wadi Natrūn, den Klöstern Dēr Baramus und Suriani fortsetzt oder hier von einer Parallelverwerfung oder einem Bogenbruch abgeschnitten wird, bleibt noch festzustellen.

Das Vorhandensein einer gebrochenen Mulde längs des Wadi Natrūn, deren Mittellinie in spitzem Winkel gegen das Nilthal verläuft, würde auch in einfacher Weise den bedeutenden unterirdischen Wasserzufluss des Wadi erklären.

In der Zeit der Entstehung unterscheidet sich diese Dislokation von den meisten übrigen Aegyptens, besonders des Nilthals. Sie muss jünger, nämlich spätpliocän, wenn nicht gar diluvial sein, da sie noch Mittelpliocänablagerungen verworfen hat. Sie hat dann einem alten diluvialen Nilarm den Weg gewiesen, aber derart, dass er vorzugsweise wohl über den flachen und nur schwach ansteigenden NNO.-Flügel der Mulde hinströmte und hier seine mächtigen Schottermassen absetzte. Der steiler einfallende SW.-Muldenflügel bildete wohl eine Zeit lang die SW.-Grenze des Diluvialen Nildeltas und wurde dann später nach Eintritt des Wüstenklimas durch die NW.-Winde eingetieft, welche die wenig widerstandsfähigen Pliocänthone und Sande leichter zerstören konnten als die diluvialen Kiese und Geröllmassen.

II. Die Depression des Fajūm hat tektonisch eine gewisse Aehnlichkeit mit dem Wadi Natrūn. Auch dort scheint nicht, wie ich früher annahm, eine Grabenversenkung oder ein Kesselbruch vorzuliegen, sondern im wesentlichen eine einfache Längsverwerfung, die schräg zum Nilthal gerichtet ist, aber kaum sich mit diesem schaart. Längs dieser Linie ist das Eocän- und Oligocängebirge auf der NNW.-Seite eingesunken. Auf dieser Libyschen Seite bei Dīmeh und Qasr es-Saga und auf den Inseln im See herrscht heute allein die Obere Mokattamstufe des Mitteleocäns, dann das Obereocän und Oligocän, während das Kulturland des Fajūm die Untere Mokattamstufe zum Untergrund hat, die in den tiefen Schluchten unter dem Alluvialboden zu Tage tritt.

Auf der Nordseite des Fajūm hatte ich mich früher,[1] beeinflusst von meinem damaligen hochverehrten Reisegenossen Prof. Mayer-Eymar, verleiten lassen, noch eine Anzahl von staffelförmigen Parallelbrüchen längs des Ufers und ausserdem

[1]) Geologie von Aegypten IV, S. 340 und Taf. XIV, Fig. 2.

zwischen Dimeh und dem Hauptgebirgsabfall am sogenannten Korallenhügel (am Fusse meines obigen Profils L Fig. 11) das grabenförmige Einsinken einer Scholle anzunehmen. Unsere jetzige Begehung des Gebietes führte mich zu folgenden Schlüssen: In dem untersten Lager des Oberen Mokattam bei Dimeh wiederholt sich die faunistische und lithologische Facies mehrfach. Dieser Umstand und die der jeweiligen Bodenoberfläche mehr oder weniger entsprechende Neigung der Schichten, besonders am Abfall zum See, erklären in den meisten Fällen das auffallende Wiedererscheinen gleicher Schichten und machen die Annahme mehrerer Staffelbrüche unnötig. Die früher der Basis des Oberen Mokattam, Abteilung I, zugerechneten Gypsmergel mit „Hörnerwülsten“ und die Korallenlagen mit Astrohelia und Goniaraea finden sich thatsächlich auch in der an Hydractinien reichen Schichtengruppe 3 unter der Plicatulabank (4) sowie in der Gruppe 5 c, so dass sie nicht als leitend angesehen werden können. Der sogenannte Korallenhügel (K in obiger Fig. 11) meines Profils a. a. O., Taf. XIV, Fig. 2, gehört meiner Abteilung 3, nicht 1, an. Die betreffende Scholle am Fusse des Hauptsteilabfalls besteht demnach aus jüngeren Schichten, als ich früher glaubte, und der Schichtenzusammenhang zwischen diesen Hügeln und dem Abfall ist im Profil L, Fig. 11 nicht durch eine streichende Verwerfung unterbrochen.[1]) D e r S t e i l a b f a l l i s t j e d e n f a l l s n i c h t a n d i e s e r S t e l l e, s o n d e r n h ö c h s t e n s m e h r ö s t l i c h b e i Q a s r e s - S a g a v o n e i n e m B r u c h b e g l e i t e t, der aber keinen auffallenden Sprung bezeichnet.

Diese letztere hypothetische Spalte dürfte auch dem Basalterguss den Austritt vermittelt haben, dessen Spuren wir jetzt ca. ³/₄ Stunden westlich Qasr es-Saga in der Ebene nahe an deren Innenrand in Form eines 60 Schritt breiten Rückens aus wirr gehäuften Basaltblöcken erkennen. Die nordnordwestliche Längserstreckung des Rückens senkrecht gegen den Steilabfall könnte

---

[1]) Die in Fig. 11 eingezeichnete kleine Verwerfung in der Mitte des Abhangs ist nur von lokaler Bedeutung und hat mit der früher am Fusse angenommenen nichts zu thun.

freilich auch den Gedanken an eine Querspalte in dieser Richtung naheliegen, aus welcher der Basalt emporquoll, um an der Oberfläche sich längs dieser Ausbruchslinie in elliptischer Form auszubreiten. Andererseits würde aber auch die vorhandene sanfte, früher wohl noch stärkere Neigung der Ebene gegen S. zur Genüge einen Abfluss eines an einem Punkte des Längsbruchs austretenden Stroms gegen Dīmeh zu erklären.

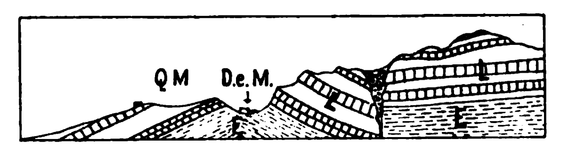
Ein für das Oberflächenrelief äusserst wichtiger Querbruch, verbunden mit Verwurf, konnte etwa eine Tagereise nordnordöstlich Dīmeh wahrgenommen werden. Diese Dislokation bildet die NO.-Grenze der im ganzen ungestörten eocän-oligocänen Plateaulandschaft im NNW. der Birket el-Qerūn, deren Gipfel das basaltische oligocäne Schweinfurth-Plateau einnimmt. Jenseits derselben folgt dann bis zur Karawanenstrasse Kairo-Wadi Natrūn die relativ niedrige, meist einförmige, wellige Kieswüste, in der nur wenige sanftere Plateauabfälle und Zeugen einige Abwechslung bringen. In diesem nordöstlichen Gebiet sind die Obereocän- und Oligocänschichten eingesunken. Das dem Oligocän hier wie dort eingeschaltete Basaltlager erscheint im NO. (vergl. die Höhenzahl c. 150 m in Profil Q Fig. 15) um über 100 m tiefer als am Schweinfurth-Plateau (c. 250 m in Profil R Fig. 16), wobei allerdings zu berücksichtigen ist, dass sowohl das marine Mitteleocän als der folgende fluvio-marine Komplex gegen NO. schnell an Mächtigkeit abnimmt. An der in O.-W. bis OSO.-WNW.-Richtung streichenden Verwerfung selbst grenzen Obereocänschichten der S.-Seite direkt an gestörte, steilaufgerichtete Schollen des Mitteleocäns der N.-Seite, das erst entfernter von der Hauptkluft am Profil F horizontale Lagerung annimmt. Die Bruchlinie ist durch eine deutliche tiefe Depression oder Bodenfurche charakterisirt, in der der wenig begangene Karawanenweg von Tamije nach dem Wadi Natrūn führt.

III. Von der Nekropole von Theben verdanken wir E. Fraas[1]) ein „Profil bei Medīnet Hābu“ mit 4 Brüchen und

[1]) Geognostisches Profil vom Nil zum Rothen Meer. Zeitschr. d. Deutsch. geol. Ges. 1900, S. 6, Fig. 2.

breiten Massen von Verwerfungsbreccie. Wie aus seinem kolorirten Profil auf Taf. XXIII hervorgeht, fasst Fraas diese Brüche als wirkliche, in die Tiefe gehende Verwerfungen mit Senkung der Libyschen Plateaumasse auf. Nach meinen Beobachtungen an dem Wege von Medīnet Hābu über Dēr el-Medīnet nach Biban Muluk und vom Hügel Scheich Abd el-Qūrna aus ist dieses Profil etwas zu modifiziren, wie nebenstehende Fig. 20 zeigt.

Fig. 20.



D. e. M. = Der el Medinet.
Q M = Qurnet Murrai.
E = Kretaceische Esnehschiefer
L = Libysche Stufe.

Es handelt sich nur um Plateaurandbrüche infolge von unterirdischem Materialschwund, bei welchem in der Regel, wie ich bei meinen früheren Aufnahmen in der Arabischen Wüste unzählige Male beobachten konnte, die abgesunkenen Schollen gegen den stehengebliebenen Horst sich geneigt zeigen, oft rings um eine horizontal gebliebene Plateaumasse herum. Auch in dem Profil Schweinfurths: „Schichtenaufbau im SW. von Esna“ [1]) und meiner obigen Fig. 1 von Scheich Abd el-Qūrna kommt diese Art Lagerung zum Ausdruck.

Was die Breccien betrifft, so handelt es sich hier wenigstens teilweise um geschichtete, helle, bröckelig knollige Eocänkalke, die in ihrer unregelmässig knolligen Beschaffenheit von Natur zur Breccienbildung neigen und besonders in den abgestürzten Schollen in sich noch etwas zertrümmert sind. Speziell an der jedesmaligen unteren Grenze der Kalkbänke, wo sie weichen Schiefern oder Mergeln aufliegen, entstehen in den bewegten

[1]) Petermanns Mitth. X, 1901, Taf. I.

Schollen typische Breccienmassen durch Zwischenpressung der grünlichen Mergel zwischen die aufliegenden halbzertrümmerten Kalke. Die rotbraune Breccie oder Brocatelle der Wadijen und anderer Lokalitäten Aegyptens hingegen, womit Fraas die „Verwerfungsbreccie bei Medīnet Hābu vergleicht, scheint eine ganz andere Bildung zu sein, deren Entstehungsart noch besonderer Studien bedarf.

IV. Wie im Fajūm wurden auch auf dem rechten Nilufer bei Kairo Anzeichen für Existenz noch unbekannter Querverwerfungen gewonnen. Schon 1898 hatte ich eine wichtige Verwerfung festgestellt, welche das Mokattamgebirge quer durchzieht.[1]) Sie verläuft von den Pulverkammern hinter der Citadelle hinauf südlich an der Station des Venusdurchgangs vorbei nach W. längs des Thales, das auf Schweinfurths geologisch-topographischer Karte des Westabhangs des Mokattam angedeutet ist.[2])

Ein Blick auf diese letzte Karte lehrt nun, dass ganz ähnliche orographische und geologische Verhältnisse wie hier, der plötzliche Gegensatz zwischen einer aufgesetzten Hügelreihe und einförmigem Hochplateau und der geradlinige Verlauf der Grenze zwischen beiden noch einmal genau parallel zu obiger Bruchlinie wiederkehren, nämlich ungefähr 1230 m weiter südlich am südlichen Reitwege „zum Mosesbrunnen". So wird man leicht auf die Vermutung geführt, dass dieser Erscheinung die nämliche tektonische Ursache zu Grunde liegt. An dem Schaq el-Taban (Schlangenloch) genannten Aufstiege dieses Reitweges, d. h. am Westrand des Mokattam, ist von einer Verwerfung freilich noch nichts wahrzunehmen. (Auch die ersterwähnte nördliche, zweifellose Querverwerfung scheint sich nach W. hin in den Steinbrüchen zwischen den Pulverkammern und der Citadelle auszukeilen.) Erst an der Lokalität XXII Schweinfurths könnte allenfalls von einem beginnenden Verwurf die Rede sein. Leider fand ich am Schlusse unseres Aufent-

---

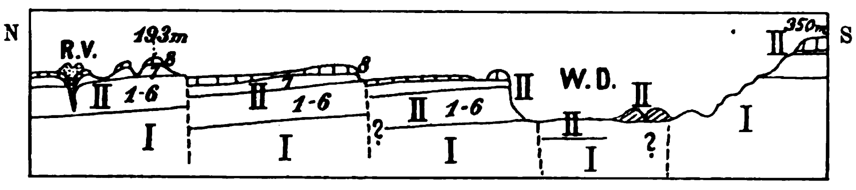
[1]) Siehe Fig. 2 auf S. 333 in meiner „Geologie Aegyptens IV."

[2]) Zeitschr. d. Deutsch. geol. Ges. 1883, Taf. XX.

haltes in Aegypten nicht mehr die Zeit zu einer gründlichen Begehung der Südseite des Mokattam und sicherer Beantwortung dieser Frage. Auf einem flüchtigen, mit Herrn Architekten Rennebaum zusammen unternommenen Spaziergang über den Mokattam von N. nach S. bis Heluān gewann ich die in der beifolgenden Figur wiedergegebene Auffassung der stratigraphischen und tektonischen Verhältnisse.

Fig. 21. Maassstab der Länge = 1 : 50000, der Höhe = 1 : 5000.

Gebel Mokattam. W. Dugla. G. Turra.



R. V. = „Rennebaums Vulkan," Hügel aus Gebel Ahmar-Sandstein.
I. Untere } Mokattamstufe.
II. Obere }

Danach hätte das Mokattamgebirge einen staffelförmigen Aufbau in N.-S.-Richtung und seinen Hauptabbruch im S. am Nordrand der grossen breiten Depression, die bald Wadi Dugla, bald Wadi Tih genannt wird. Diese Depression, an der die Staffeleinbrüche endigen, stellt ähnlich dem Jordanthal einen einseitigen Graben dar, indem das südlich folgende Hochplateau von Turra (wie das Plateau des Ostjordanlands) als ungebrochener Horst erscheint, an dessen Nordrand (auf dem Südufer der Dugladepression) sich ein einziger Einbruch, aber mit der bedeutendsten Sprunghöhe vollzog. Diese Sprunghöhe ist thatsächlich noch beträchtlicher, als sie in obiger Fig. 21 erscheint. Durch ein Versehen ist nämlich hier der geologische Aufbau des Plateaus von Turra nicht ganz richtig gezeichnet. Dasselbe besteht bis zu seinen 240—350 m hohen Gipfeln nur aus schwach nordwärts geneigten Schichten der Unteren Mokattamstufe (I); die Obere Mokattamstufe fehlt wenigstens in seinen westlichen Teilen ganz.

Ueber die Fossilien der Blättermergel von Theben.

Von **Paul Oppenheim.**

(*Eingelaufen 15. Dezember.*)

(Mit Taf. VII.)

Herr Dr. Blanckenhorn, der in Gemeinschaft mit Herrn Prof. Schweinfurth im Anfange dieses Jahres Aufsammlungen in den Blättermergeln von Theben, dem „Cinquième Étage" bei Delanoüe, vorgenommen hatte, hat mich seiner Zeit gebeten, diese Reste einer paläontologischen Bearbeitung zu unterwerfen. Delanoüe und d'Archiac[1]) hatten, wie im Vorhergehenden bereits auseinandergesetzt wurde,[2]) in dieser fünften Abtheilung ihres Profiles noch typisches Untereocän erkennen zu können geglaubt; v. Zittel hatte seinerseits später den cretacischen Charakter der Faunula kurz betont und sie in Verbindung gesetzt mit den gleichartigen Kreideablagerungen der libyschen Wüste. Eine bis in die Einzelheiten gehende Bearbeitung der Reste von Theben selbst lag aber bisher nicht vor; sie zu geben, war ungemein erleichtert durch die beiden letzten Publikationen der Münchener Schule, in welchen unter ständiger Anregung und Mitarbeit ihres Oberhauptes durch die Herren Wanner und Quaas[3]) der ganze paläontologische Inhalt des libyschen Danien in so erschöpfender Weise der Kenntnis weiterer Kreise übermittelt worden ist. Durch eine nach dieser

---

[1]) Comptes rendus des Séances de l'Académie des Sciences. 67. p. 701 (Séance du 5 oct. 1868).

[2]) Vergl. den Aufsatz Blanckenhorns im laufenden Jahrgange dieser Zeitschrift.

[3]) Palaeontographica. XXX 2. Stuttgart 1902.

Richtung hin sehr günstige Verzögerung des gesammten hier vorgelegten Berichtes ist es mir ermöglicht gewesen, auch von der grösseren und, wenigstens für mein Thema, wegen der gleichartigen Facies auch wichtigeren Monographie des Herrn Dr. A. Quaas nicht nur die mir durch die Freundlichkeit des Autors schon früher zugehenden Tafeln, sondern auch noch den Text benutzen zu können. Dagegen haben leider statutarische Bestimmungen des Museum d'histoire naturelle in Paris, welche nach freundlichen Mittheilungen und Beantwortung meiner Anfrage Seitens des Herrn Marcellin Boule eine Versendung von Originalexemplaren in das Ausland formell untersagen, es mir vorläufig wenigstens unmöglich gemacht, die d'Archiac'schen Bestimmungen an der Hand der Typen näher zu prüfen.

Allzugross dürfte indess der Schaden hier nicht sein, da eine Reihe, und gerade die wichtigsten der Citate d'Archiac's durch die mir vorliegenden Materialien so erläutert werden, dass kaum ein Irrthum möglich sein dürfte; was noch an Zweifeln etwa übrig bleibt, dürfte sich in absehbarer Zeit durch eine Autopsie der Originale in Paris selbst aufklären lassen.

Ich gehe nunmehr sogleich in medias res über und werde einer specielleren Betrachtung der einzelnen Typen, die ich vorwegnehme, zum Schlusse eine Zusammenfassung der Ergebnisse von allgemeineren Gesichtspunkten aus folgen lassen.

Die mir aus den Blättermergeln von Theben etc. übergebenen Fossilien sind:

1°. Aturia praeziczac n. sp. T. VII, f. 1—3. Die Form, welche in einer sehr grossen Anzahl wohlerhaltener Steinkerne anliegt, ist eine echte Aturia, also Angehörige eines bisher ausschliesslich tertiären Geschlechtes. Sie theilt mit diesem alle generischen Charaktere, auch den Besitz von Siphonalduten. Ich habe lange gezögert, sie von A. ziczac Sow.,[1]) mit welcher

[1]) Vergl. F. E. Edwards: A Monograph of the Eocene Cephalopoda and Univalves of England. Palaeontographical Society, London 1849—77. p. 52 ff. T. IX, f. 1a—h. — de Gregorio: Fauna di S. Giovanni Ilarione.

sie d'Archiac ursprünglich vereinigt hat und die mir in specimine vom Kressenberge und vom Mt. Postale vorliegt, specifisch zu trennen, doch ist ihr Laterallobus gleichmässig breit und relativ kurz und verjüngt sich nach hinten nicht zu der Spitze, in welche er sowohl bei den mir zur Verfügung stehenden Exemplaren als auf sämtlichen von mir consultierten Figuren[1]) bei der typischen Eocänart ausläuft. Ich halte darum, bei der zweifellos vorliegenden Differenz im Niveau, es für angemessen, die Form der Blättermergel, die anscheinend stets kleiner bleibt und bei der vielleicht auch die Ohren an der Mündung mehr herausquellen, auch specifisch zu trennen unter Betonung des Umstandes, dass uns trotzdem hier eine ausgesprochen tertiäre Form vorliegt. Die Lage des Siphos ist, wie hinzugefügt sein mag, genau die gleiche wie bei der eocänen Art.[2]) Sie wie die grössere Tiefe des Lateralsattels schliessen jede Möglichkeit einer Vereinigung mit dem Nautilus danicus v. Schloth. der Faxoe-Kreide unbedingt aus, wie ich mich an gut erhaltenen Stücken des k. Mus. für Naturkunde (darunter das Original v. Schlotheims) zu überzeugen vermochte. Das von Quaas dieser Art zugerechnete Stück aus den cretacischen Blätterthonen zwischen Farafrah und Dachel scheint sich, soweit ich aus den leider nur von oben abgebildeten Typen schliessen kann (T. XXXIII, f. 31), schon durch grössere Breite

---

Palermo 1880, p. 3 II, f. 2, 3, 5. — H. B. Geinitz: Ueber Nautilus Alabamensis Morton etc. N. Jahrb. für Mineralogie etc. 1887. II, p. 53 ff. T. III. — Oppenheim: Die Eocänfauna des Mt. Postale etc. Palaeontographica. 43. Stuttgart 1896, p. 208–9.

[1]) Besonders ähnlich ist Fig. 1 g u h bei Edwards l. c.

[2]) Wie ähnlich ein so ausgezeichneter Kenner der Eocänfaunen wie der Vicomte d'Archiac die Vorkommnisse von Theben und die nordischen Specimina fand, geht aus seinen hier wiedergegebenen Worten hervor (a. a. O. bei Delanoüe p. 11–12): „Parmi les mollusques, l'Aturia ziczac, cette forme de cephalopode si particulière, est représentée dans la collection de M. Delanoüe par un nombre d'échantillons plus considérable que tous ceux qu'on a recueillis depuis cinquante ans dans les argiles de Londres et de Bracklesham, et surtout plus complets que ceux qui ont été décrits et figurés jusqu'à présent." —

und Flachheit des Laterallobus zu unterscheiden. Herr Quaas betont l. c. p. 302 ausdrücklich, dass er sich von der Lage des Sipho überzeugt habe und dass er „über die Zuverlässigkeit der Bestimmung keine Zweifel hege.“ Nach diesen so positiven Angaben muss man wohl an der Verschiedenheit der in beiden Fällen vorliegenden Typen festhalten.

2°. Nautilus desertorum Zitt. (wohl = N. centralis Sow. bei d'Archiac-Delanoüe). Die 4 mir vorgelegten Exemplare dieser kugeligen, breitrückigen, schmalmündigen Form besitzen ganz einfache, nicht wellig gebogene, unten geradlinige Scheidewände und einen der gerundeten Aussenseite etwas genäherten Sipho. Die Seitenohren springen nach aussen hervor, der schmale, tiefe Nabel bleibt aber frei. Von tertiären Arten steht sehr nahe N. centralis Sow., welcher nur durch die ganz centrale Lage des Siphos unterschieden werden kann, während N. imperialis mit leicht gebogenen Scheidewänden und nach innen gerücktem Sipho schon weit leichter zu trennen ist. Wie N. centralis, von dem dies Edwards[1]) bereits betont, steht diese Form den recenten Nautilen sehr nahe, doch setzt sie bereits in typischer Kreide ein. Sehr ähnlich, aber anscheinend enger genabelt, mit flacherem Septum und mehr centralem Siphonalkanal versehen ist auch der mir im Gipsabgusse aus der Sammlung des k. Museums vorliegende N. fricator Beck der Faxoe-Kreide von Seeland. Noch näher steht der auch in der Siegsdorfer Kreide von J. Boehm angegebene[2]) N. depressus v. d. Binkhorst[3]) aus Maastricht, der sowohl dieselbe, dem Aussenrande genäherte Lage des Sipho besitzt als das gefaltete Septum und der nach den Abbildungen zu urtheilen überhaupt kaum von der libyschen Art zu trennen

---

[1]) Edwards l. c. p. 45, T. III, f. 1a—c, T. VIII, f. 2.

[2]) Palaeontographica 38, p. 51, T. I, f. 16 und 16a. — Die pflockartige Kalkmasse zwischen Mündung und Schaale, welche auf Fig. 16 abgebildet ist, scheint wohl sekundärer Entstehung.

[3]) Monographie des Gastropodes et des Cephalopodes de la craie supérieure du Limbourg. Bruxelles 1861, Cephalopodès, p. 12, T. V, f. 9a—d.

ist. Die Unterschiede zu anderen ebenfalls nahe verwandten Typen der obersten Kreide, wie N. Dekayi, sublaevigatus, Heberti und Bouchardianus hat bereits Quaas a. a. O. erörtert.[1])

3. Limea Delanoüei n. sp. T. VII, f. 9—9b. Schale sehr klein, dünn, stark gewölbt, nach hinten stark verbreitert und schief ausgezogen. Wirbel dem nach innen gebogenen Vorderrande genähert, von einander so entfernt, dass eine Art dreieckiger Area entsteht. Eine stumpfe Hervorwölbung zieht sich von ihnen zum Unterrande. Der Hinterrand ist flacher als der übrige Theil der Schaale. Diese trägt zumal gegen den Unterrand hin stark hervortretende, etwas geschlängelte Längsrippen, welche schmäler sind als die Zwischenräume. — Das vordere Ohr ist klein, dreieckig, das hintere nicht deutlich abgesetzt. Höhe 5 ½, Breite 4, Dicke der Doppelklappe 4 mm. 4 Exempl.

Diese Type ist kleiner, gewölbter und schmäler als L. nux Gümb. aus dem Senon von Siegsdorf, von der sie sich auch durch die geringere Anzahl der stärkeren Längsrippen unterscheidet. Weder Wanner nach Quaas geben Aehnliches an; auch d'Archiac betont ausdrücklich die Abwesenheit aller Monomyarier in den Blättermergeln.[2])

4. Leda leia Wanner (l. c. p. 120, T. XVII, f. 16—17). Die Steinkerne von Theben entsprechen den Abbildungen; es lagen aber auch beschaalte Stücke vor. Der löffelartige Fortsatz, den Wanner am Schlosse angiebt und der zu einer Leda wohl kaum passen würde, scheint eine Zufälligkeit, anscheinlich durch einen Gesteinsrest hervorgehoben. Ich kann auch an dem Schlosse nichts Aehnliches entdecken.

5. Leda Zitteli, J. Böhm[3]) (? = L. striata Desh. var. bei d'Archiac-Delanoüe) T. VII, f. 7—7a. Ich sehe keinen wesentlichen Unterschied mit der Art der Siegsdorfer Kreide. L. striata Dech. aus dem pariser Grobkalke ist in der Form ähnlich, aber

---

[1]) p. 300, T. XXIX, f. 1, XXXIII, f. 29—30.

[2]) Bei Delanoüe a. a. O. p. 13.

[3]) l. c. p. 77, T. III, f. 15.

weit breiter gerippt. Die Herren Wanner und Quaas führen nichts Entsprechendes auf.

6. Nucula sp. cf. chargensis Quaas (T. XXXI, F. 34 —36. p. 195). d'Archiac giebt bei Delanoüe eine ganze Reihe von eocänen Nucula-Arten aus den Blätterthonen von Theben an. Ich möchte vermuthen, dass sein Material nicht besser erhalten war als das mir vorliegende; und dann schweben alle diese Bestimmungen in der Luft, da es sich nicht nur um Steinkerne handelte, sondern diese dazu mehr oder weniger starken Verdrückungen ausgesetzt gewesen sind. Eine sichere Artbestimmung halte ich mit solchen Materialien für unmöglich, Eine starke Aehnlichkeit besteht mit den von Quaas abgebildeten Stücken, und bei der sonstigen Analogie der Faunen ist auch eine specifische Uebereinstimmung sehr wahrscheinlich, ohne dass indessen für sie der Beweis geliefert zu werden vermag.

7. Axinus cretaceus Wanner (l. c. p. 122, T. XVIII, f. 5, Quaas p. 212, T. XXXII, f. 10—11) = Lucina Goodhalli J. de C. Sow. bei d'Archiac-Delanoüe. Diese hochinteressante Form liegt in 3 Stücken vor, von denen 2 die Grösse der Originale Wanners besitzen, das Eine indessen über doppelt so gross ist. Wie der Autor bereits betont, handelt es sich um eine ganz moderne Sippe, welche in thonigen Ablagerungen des Tertiärs und der Gegenwart fast überall eine grosse Rolle spielt. Die Arten sind schwer zu unterscheiden, doch scheinen die älteren Formen sich vor den jüngeren durch ein starkes Herausquellen des inneren Theiles der Area auszuzeichnen. Dieses Merkmal unterscheidet denn auch die cretacische Form von A. unicarinatus Nyst, einem der Leitfossilien des oligocänen Septarienthones. Eine in der Mokattamstufe stellenweis sehr häufige grosse Form, die Mayer auf seinen Etiquetten im k. Museum für Naturkunde, wie mir scheint irrthümlich, mit dem kleinen A. Goodalli Sow. des Londonthons identificiert hat und die ich A. Schweinfurthii nenne, zeigt diesen Zug noch in viel höherem Grade, doch dürfte man kaum fehlgreifen, wenn man in dieser Type die nur wenig modificierte Kreide-

form erblickt. Die Form der Esnehschiefer steht, zumal in ihren Dimensionen, zwischen beiden.

8. Cypricardia? sp. (Quaas p. 220, T. XXXII, f. 17, auch 18—19?) T. VII, f. 4—4a u. f. 11. Die hier abgebildeten kleinen Steinkerne zeigen sehr stark geschwollene, nach der Seite gedrehte Wirbel, dazu eine sehr deutliche innere Radialstreifung und vor Allem 1—2 scharfe, inneren Leisten wohl entsprechenden Furchen, die schief diagonal aus der Wirbelregion zur Analecke ziehen. Die Identität mit der von Quaas dargestellten Type der Blätterthone scheint zweifellos, ebenso unsicher aber deren generische Stellung, für welche neben Isocardia und Cypricardia auch vielleicht Verticordia in Frage kommen könnte. Wenigstens bieten die von Wood [1]) abgebildeten Formen des englischen Eocän mancherlei Berührungspunkte in der Form. d'Archiac hat vielleicht diese Form als „Isocardia n. sp., très-petite" bezeichnet.[2])

9. Lucina? sp. T. VII, f. 14—14a. Für diese kleinen Steinkerne finde ich weder bei Wanner noch bei Quaas Analogien. Sie sind sehr stark aufgebläht, hinten breiter als vorn, anscheinend mit schwacher äusserer Area versehen. Von den für die Luciniden, zu denen die Form wohl gehören dürfte, so charakteristischen inneren Wärzchen und Streifen findet man an den Steinkernen nichts erhalten. Ich halte es nicht für ausgeschlossen, dass man in ihnen zwerghafte Vorläufer der grossen Loripinus-Formen zu erblicken hat, welche als L. thebaica Zitt. und L. pharaonis Bell. dem ägyptischen Eocän eine so charakteristische Physiognomie verleihen.

9. Neaera aegyptiaca n. sp.[3]) T. VII, f. 6—6a. Es liegen einige mit dünner Schaalendecke versehene Steinkerne

---

[1]) A Monograph of the Eocene Bivalves of England. p. 139—40, T. XXI, f. 8—9.

[2]) Bei Delanoüe p. 6 des Sep.

[3]) Wohl = N. n. sp. rappelant la N. cuspidata Olivi bei Delanoüe-d'Archiac. p. 6.

aus den Esnehschiefern von Theben vor, deren grösster 7 mm hoch und 8 mm breit ist. Die Form ist also relativ sehr hoch und dazu stark gewölbt, da die Dicke beider Klappen gegen 6 mm beträgt. Der Analflügel ist sehr kurz und spitz, wodurch sich die Form neben ihrer bedeutenderen Höhe, dem weiter nach vorn gerückten Wirbel und dem stärkeren Abfall der Lunularpartie von der Art unterscheidet, welche J. Böhm wohl mit Unrecht zu der bekannten N. cuspidata Olivi gezogen hat. Da jede Spur von Radialscriptur fehlt, scheiden die pariser Eocänarten sämtlich für ihren Vergleich aus.[1]) Sehr ähnlich ist dagegen die N. clava Beyrich des Septarienthones, doch ist sie flacher, gleichseitiger und das Rostrum bei jugendlichen Exemplaren, die bei der bedeutenderen Grösse der jüngeren Art allein in Frage kommen können, kürzer und weniger abgesetzt.

10. Pleurotomaria thebensis n. sp. T. VII, f. 16—16a. Die Type erinnert in der Gittersculptur und der medianen Lage des Schlitzbandes etwas an Pl. humilis Kaunh.[2]) aus der Maastrichtkreide, doch ist diese weit höher gewölbt und aus zahlreicheren Umgängen zusammengesetzt. Die Form von Theben besitzt deren nur 4, die ziemlich flach und breit sind, so dass die Gestalt an Turbo erinnert. Auch die Basis ist, soweit man nach dem mir vorliegenden Unicum urtheilen kann, nur sehr wenig gewölbt, die Nähte flach und von keiner Depression der folgenden Windung begleitet; durch den letzteren Umstand entfernt sich die Form vor Allem von der cenomanen Pl. Guerangeri d'Orb.,[3]) der sie relativ noch am Aehnlichsten ist; sie unterscheidet sich aber auch ausserdem durch grössere Breite von Mund und Nabel und grobere Sculptur. Die mir bekannten Tertiärformen sind sämtlich leicht zu trennen; aus dem ägypti-

---

[1]) Vergl. Cossmann: Catalogue illustré des mollusques éocènes des environs de Paris. I, p. 38 ff.

[2]) F. Kaunhowen: Die Gastropoden der Maestrichter Kreide. Palaeontol. Abhandlungen. VIII. Jena 1898, p. 26, T. I, f. 20—21.

[3]) Paléontologie française. Terrain crétacé. II, p. 272, T. 205, f. 3—6.

schen Danien werden Pleurotomarien überhaupt merkwürdiger Weise nicht angegeben.

11. Trochus sp. aff. T. margaritifer J. Böhm.[1]) T. VII, f. 22—22a. Diese kleine Trochide ist mit Cerithium abietiforme Wann. die häufigste Schnecke in den Blättermergeln von Theben. Leider ist sie ausschliesslich in Sculptursteinkernen erhalten. Man erkennt im Verhältnisse mit der Siegsdorfer Kreideart, dass sie dieser wohl ähnlich ist, sich aber durch grössere Schlankheit und stärker vertiefte Nähte sicher specifisch unterscheidet. Die Sculptur hingegen dürfte eine ganz ähnliche gewesen sein und aus 3—4 Spiralen auf jeder Windung bestehen, welche von erhabenen Längsrippen geschnitten und gekerbt werden. Die Basis ist schwach durchbohrt und nur sehr mässig gewölbt.

Weder Wanner noch Quaas geben Aehnliches an. Angesichts der ungünstigen Erhaltung verzichte ich auf specifische Fixierung in dieser schwierigen Gruppe zumal bei einer Type, welche für eine Altersbestimmung so indifferent ist.

12. Natica farafrensis Wann. (p. 125, T. 18, f. 12, Quaas p. 239, T. 32, f. 26—27, wohl = N. brevispira Leym. bei d'Archiac-Delanoüe). T. VII, f. 20—20a. Die Beschreibung bei Wanner ist in Anbetracht, dass es sich hier um eine in ihrer artlichen Gliederung so schwierige Gruppe handelt, nicht recht scharf und steht mit der Abbildung nicht recht im Einklange. Die mir vorliegenden Stücke haben nun neben den von Wanner wohl im Texte angegebenen, aber auf der Zeichnung nicht deutlich wiedergegebenen rinnenförmig vertieften Nähten fast stets eine sehr deutliche, den Nabel fast vollständig ausfüllende Nabelschwiele wie die N. Noae des Grobkalkes. Sie sind also typische Naticiden, an Vanikoro (cf. Quaas a. a. O.) ist nicht zu denken. Auch Wanner giebt an, dass „die Innentype oben zuweilen schwielig sei", womit er vielleicht das gleiche Organ ins Auge fasst. Ich glaube nicht,

---

[1]) Siegsdorf. Palaeontographica. 38. p. 67, T. II, f. 30a, b.

dass die mir vorliegende Type von der Wanner'schen Art getrennt werden kann.

d'Archiac dürfte diese Form als die eocäne N. brevispira Leym.[1]) der Montagne noire bestimmt haben; die Gestalt des Gewindes, zumal die rinnenförmig vertieften Nähte, würden stimmen, aber ganz abgesehen von den Grössenverhältnissen sind die Einzelheiten der Nabelregion ganz verschieden. Denn N. brevispira Leym. ist nach diesen eine echte Ampullina, N. farafrensis Wann. eine typische Natica s. strict.

13. Eulima Wanneri n. sp. T. VII, f. 19—19a. Zwar fehlt das Embryonalende, doch zeigt der theilweise noch von der Schaale umhüllte Kern von 8 Windungen habituell einen so ausgesprochenen Pyramidellen-Habitus, dass ich an der generischen Bestimmung nicht zweifele. Was die specifische anlangt, so besteht grosse Aehnlichkeit mit der E. puncturata Joh. Böhm[2]) von Siegsdorf, doch ist die Form weit schlanker und der letzte Umgang niedriger, indem er etwa $^1/_3$ der Gesamthöhe misst. Die Mündung ist ganzrandig, die Columella leicht verdickt, Falten sind an ihr nicht wahrzunehmen. Die Nähte liegen ganz oberflächlich, die letzte verläuft etwas schräger als die vorhergehenden, der Endumgang ist vorn an der Mündung deutlich verschmälert, die Anwachsstreifen annähernd geradlinig, Höhe 12, Breite kaum 3 mm.

14. Cerithium abietiforme Wanner (p. 133, T. XVIII, f. 37—38, Quaas p. 259, T. XXXII, f. 30—31). T. VII, f. 21. Ziemlich häufig in grösseren und kleineren, mit Schaale versehenen Exemplaren, welche in Gestalt und Sculptur gänzlich übereinstimmen mit der Type der Bir-el-Jasmund-Kreide. Der Columellarkanal ist an dem dargestellten Exemplare sehr wohl erhalten.

15. Alaria sp., Quaas T. XXXII, f. 38—40, p. 265. Ein Steinkern von Theben, der auf jedem Umgange 2 Kiele auf-

---

[1]) Vergl. Leymerie in Mém. Soc. géol. de France. (II) 1. T. XVI, f. 4—4b.

[2]) Siegsdorf a. a. O. Palaeontographica. XXXVIII, p. 64, T. II, f. 36a.

weist, dürfte hierher gehören. In Grösse und Gestalt stimmt er am besten zu Fig. 40 bei Quaas. Sollte es sich hier, wie auch ich glauben möchte, um eine neue Art handeln, so würde ich vorschlagen, sie mit dem Namen ihres Beschreibers zu bezeichnen. — Ich möchte fast annehmen, dass es diese Form ist, welche in der Aufzählung d'Archiacs (a. a. O. p. 5) als Pleurotoma terebralis F. Edw. non Lam. figuriert.

16. Voluta (Scaphella) aegyptiaca Wanner (l. c. p. 139, T. 19, f. 11). T. VII, f. 12. Ich rechne hierher einen 13 mm langen und 7 mm breiten Steinkern aus den Esnehschiefern von Theben, welcher die Embronyalblase der Scaphellen[1]) besitzt und auch in der Gestalt durchaus übereinstimmt. Wenn die Nähte etwas tiefer eingeschnitten sind, so scheint dies durch den Erhaltungszustand als Steinkern bedingt. Es handelt sich auch hier wieder um eine durchaus moderne Gattung, deren alttertiäre Vertreter, zumal die V. Wetherelli[2]) Sow. des Londonthones viel schlanker sind und sich mehr an den oligocänen und neogenen Typus der V. Siemsseni Boll.[3]) und V. Lamberti Sow. anlehnen. Die Formengruppe scheint übrigens bereits in dem zwischen Kreide und Eocän eingeschobenen, also im Alter nicht allzu verschiedenen Kalke von Mons aufzutreten, doch ist diese Sc. inaequiplicata Briart et Cornet[4]) zwar in der Gestalt recht übereinstimmend, aber durch Form und Zahl ihrer Falten sicher specifisch verschieden. Was diese Gebilde anlangt, so zeichnet Wanner von der ägyptischen Art deren nur zwei, giebt aber im Texte 3—4 an. Dieser Widerspruch bleibt noch aufzuklären.

---

[1]) Cossmann: Essais de Paléoanchologie comparée. III. Paris 1899. p. 126.

[2]) Cf. F. Edwards: The eocene Cephalopoda and Univalves of England. London (Palaeontographical society) 1849—77, p. 179, T. XXIII, f. 4a—d.

[3]) Beyrich: Norddeutsches Tertiärgebirge. p. 81, T. V, f. 2—5.

[4]) Fossiles du Calcaire grossier de Mons. Mém. de l'Acad. roy. de Bruxelles. 38. T. V, f. 3—3c.

Die V. pyriformis Kaunhow.[1]) von Maastricht erinnert in der Gestalt an die ägyptische Art, hat aber stärkere Spiral- und schwächere Anwachsstreifung. Sie dürfte indessen in die gleiche Gruppe gehören.

17. Cinulia Ptahis Wanner (l. c. p. 141, T. XIX, f. 19.) Die Steinkerne aus den Esnehschiefern entsprechen durchaus der cretacischen Form und zeigen an halbbeschaalten Stücken auch noch die starken Columellarfalten. Die Art hat aber einen holostomen Charakter und besitzt nicht die Spur eines vorderen Kanals. Sie ist daher eine Cinulia, keine Ringicula, wie Wanner meinte, und weit entfernt, Beziehungen zu Neogenformen, die der in meiner Sammlung befindlichen Ringicula Bonellii Desh. zu besitzen, gehört sie umgekehrt einem bisher ausschliesslich cretacischen Genus an, welches z. B. in der obersten Kreide von Siegsdorf sehr zahlreiche und stellenweis recht ähnliche Vertreter besitzt! Allzuweit dürfte jedenfalls C. serrata Gümb. sp.[2]) nicht entfernt sein, wie ein Vergleich der fast vollständig übereinstimmenden Abbildungen erkennen lässt. Ich würde beide Formen direkt identificieren, wenn Wanner nicht abweichende Angaben über die Sculptur machen würde; allerdings spricht auch er von „schrägen Zickzacklinien“ der Längsfurchenränder, während für die Gümbel'sche Art durch J. Böhm eine „sägezahnartige Kerbung“ diagnosticiert wird. Vielleicht spielt hier aber auch der Erhaltungszustand eine Rolle.

18. Cinulia cretacea Quaas (p. 298, T. XXXIII, f. 26 bis 28). T. VII, f. 5. Herr Quaas giebt die Wanner'sche Ringicula Ptahis nicht aus den Blätterthonen an, beschreibt aber als neu eine Cinulia (= Avellana), welche zu der Wanner'schen Art jedenfalls in innigsten Beziehungen stehen muss. Das hier abgebildete Mündungsbruchstück entspricht in Zahl,

[1]) Die Gastropoden der Maastrichter Kreide. Palaeontol. Abhandlungen von Dames und Kayser. 4. Jena 1898—1902.

[2]) Vergl. Joh. Boehm: Die Kreidebildungen des Fürbergs und Sulzberges bei Siegsdorf in Oberbayern. Palaeontographica. 38. 1891. p. 54, T. I, f. 23 a—d.

Form und Lage der Falten wie in der Ornamentik des doppelten Mundsaumes durchaus der Quaas'schen Art, allerdings scheint die Spiralsculptur etwas zarter und die Längsstreifung zwischen ihr ist nicht zu erkennen, Momente, die indessen möglicher Weise auf den Erhaltungszustand zurückzuführen sind. Sehr ähnlich scheint zumal das auf Fig. 26 bei Quaas dargestellte Exemplar, von welchem sich Fig. 27 und 28 immerhin nicht ganz unwesentlich unterscheiden.

Ich möchte annehmen, dass auch Actaeon (Tornatella) chargensis Quaas (p. 296, T. XXXIII, f. 23—25) unserer faunula angehört, da diese in erster Linie mit Recht von dem Autor mit T. simulata Sol. verglichen wird und d'Archiac diese (a. a. O. p. 5) aus den Blätterthonen von Theben angiebt.

19. Terebratulina chrysalis v. Schloth.[1]) (Vergl. Wanner, p. 113, Quaas p. 167, T. XX, f. 4—5.) Es ist wohl diese in den Esnehschiefern nicht seltene Art, welche d'Archiac bei Delanoüe als T. tenuistriata Leym. bestimmt hat. Diese Eocänart, welche mir in meiner Sammlung von mehreren typischen Fundpunkten des südöstlichen Frankreichs vorliegt, hat aber wohl in der Gestalt, nicht aber in der viel zarteren Sculptur und den weit zahlreicheren Längsrippen Aehnlichkeit. In Frage kommen überhaupt nur die eocäne T. striatuala Sow.[2]) und die v. Schlotheim'sche Kreideart. Die Form ist aber viel zu schmal, um mit der eocänen Type identificiert werden zu können. Von der Mehrzahl der Vorkommnisse der vielgestaltigen T. chrysalis trennt sie allerdings die mediane Einbuchtung, welche an beiden Klappen gegen

---

[1]) U. Schloenbach: Beiträge zur Paläontologie der Jura- und Kreideformation im nordwestlichen Deutschland. II. Kritische Studien über Kreidebrachiopoden, Palaeontographica XIII, 1866. p. 11 ff., T. I, f. 3-4. — Davidson: A. monograph of British Cretacons Brachiopoda. II. London (Palaeontographical society) 1852, p. 35, T. II, f. 18—28 (T. striata Wahlenberg).

[2]) Cf. Davidson: British tertiary Brachiopoda. Ibidem p. 14, T. I, f. 16-16 b.

den Stirnrand zu beobachten ist, doch giebt Davidson[1]) auch durchaus entsprechende Typen an und zieht diese anstandslos zu der Kreideart, welche ihrerseits mit der recenten T. caput-serpentis L. in den innigsten Beziehungen steht.

20. Palaeopsammia Zitteli Wanner (p. 104, T. XV, f. 1—4, Quaas p. 161, T. XXXI, f. 8—11) = Stephanophyllia discoides M. Edw. und H. bei d'Archiac-Delanoüe). T. VII, f. 17—18 a. Man kann zur Noth den neuen generischen Schnitt acceptieren, obgleich schliesslich die Septa nicht freier sind als bei manchen Balanophyllien. Was die Artabgrenzung anlangt, so kann ich mir kaum vorstellen, dass ein so wichtiger und mit der ganzen Organisation des Thieres in so innigem Zusammenhange stehender Charakter wie die Entwicklung der Ausfüllungsgebilde bei zwei nahe verwandten und generisch untrennbaren Formen so schwanken kann, wie dies Wanner angiebt. Die mehr oder weniger beträchtliche Entwicklung der Epithek ist, selbst wenn sie sich bestätigt, gewiss kein Trennungsgrund; denn ganz epithekfrei soll ja nach dem Autor doch keine der beiden „Arten" sein. Wenn hier specifisch zu gliedern wäre, so könnte dies wohl im Wesentlichen nur auf Grund der mehr oder weniger breiten, krugförmigen oder langgestreckten bis gerundeten Allgemeingestalt. Vor der Hand ziehe ich beide Typen zusammen und wähle als Bezeichnung für sie statt des indifferenten „multiformis" den Namen ihres Entdeckers. Dies vorausgeschickt, so liegen mir nur die Formen vor, welche Wanner l. c. auf Fig. 3—4 abbildet; kleine, krugförmige Gestalten mit oder ohne Epithekalwulst und fast gleichen, aus zahlreichen Trabekeln zusammengesetzten, vielfach durchlöcherten, breiten Rippen. Die Anheftungsstelle ist, zumal bei jungen Individuen, sehr breit, seltener, und dann mit zunehmendem Alter verschmälert. Die Columella ist sehr deutlich, breit, mit warzenförmiger Oberfläche aus zahlreichen Bälkchen gebildet. Der Unterschied in der Septalstärke ist sehr

[1]) „valves . . . . . sometimes presenting a slight longitudinal depression on each valve" (l. c. p. 36, vergl. auch T. II, f. 21 aus dem Chalk von Kent.

gering. Bei Theben ist die Type besonders häufig, wenn auch nicht immer glänzend erhalten. Der trabekulare Charakter der Septocostalien ist an den mir vorliegenden Exemplaren äusserst deutlich, er wird auch von Wanner im Texte erwähnt, ohne indessen auf den Figuren bisher deutlich zum Ausdrucke zu gelangen; hoffentlich vermögen die hier gegebenen Abbildungen ihn kenntlich wiederzugeben.

21. Pattalophyllia aegyptiaca Wanner sp. (Thecocyathus p. 99, T. XIV, f. 1 und 1 a). T. VII, f. 10—10b. Diese Koralle ist häufig in wohlerhaltenen Stücken. Dieselben zeigen sehr schön und weit besser als die von Wanner gegebene Figur die länglich elliptische, warzige, aus etwa 40 dicken Bälkchen zusammengesetzte Axe, den Pfählchenkranz von 24 Pali und die 4 Cyclen von sehr regelmässig in Länge und Stärke abnehmenden Septen. Dass die Oberfläche dieser letzteren allem Anschein nach gezähnelt ist, scheint Wanner selbst bemerkt zu haben, da er sie „gekörnt" nennt; sie gehört daher nicht zu den Turbinoliden, nicht zu Trochocyathus und noch weniger zu Thecocyathus,[1]) sondern unter die Litrophylliaceen und zwar in die bisher ausschliesslich tertiäre Gattung Pattolophyllia d'Archiardi,[2]) unter der ihr die schon von d'Archiac bei Delanoüe l. c. erwähnte P. cyclolitoides Boll. sehr nahe steht, sich aber durch stärker verbreiterte Gestalt, schwächere Septocortalien und mehr zurücktretende Columella specifisch unterscheidet. Die Septa jüngerer Ordnung schliessen sich innig an die älteren an und scheinen in ihren distanten Endigungen, wie abgeriebene Stücke an der Aussenseite des Kelches zeigen (Fig. 10 b), zumal nach der Tiefe des Kelches hin mit diesen zu verschmelzen; an P. cyclolitoides ist das Gleiche zu beobachten. Auch Wanner spricht bei der Kreideform von einer „Verwachsung der Septa in der Tiefe".

[1]) Für Thecocyathus E. H. spricht nichts. Man vergleiche die Gattungsdiagnose bei Zittel: Palaeozoologie p. 268. Weder überragt bei der ägyptischen Type die überhaupt sehr rudimentäre Epithek den Kelchrand, noch ist der Kelch kreisförmig und flach.

[2]) Vergl. Priabonaschichten: Palaeontographica. 47. 1901. p. 60 ff. T. II, f. 1—7.

Die Form, von welcher Trochocyathus epicharis Wanner (p. 99, T. XIV, f. 5—7) vielleicht nur ein Jugendstadium darstellt, hat entschiedenen Tertiärtypus, doch tritt sie, wie wir sehen, in Aegypten bereits in der typischen obersten Kreide von Bâb-el-Jasmund etc. auf. Sehr weit dürfte sich übrigens auch Trochocyathus? mammillatus Gümb.[1]) aus der Siegsdorfer Kreide nicht entfernen, dessen Zugehörigkeit zu Trochocyathus mir ebenfalls zweifelhaft ist.

22. Pentacrinus (Balanocrinus) africanus P. de Loriol. (In Peron: Description des mollusques fossiles des terrains crétacés de la région sud des Hauts-Plateaux de la Tunisie Paris 1889—90, p. 391, T. XXXI, f. 39—53, vergl. besonders Fig. 52—53) T. VII, f. 13—13 a. 2 Stiele, 11 mm lang, 3 mm breit, aus 5 relativ sehr hohen Gliedern zusammengesetzt. Aussenwand stark abgerundet, daher auch der Querschnitt nur wenig eckig und am Rande nicht eingebuchtet. Nahrungskanal klein, Gelenkflächen rhombisch, wie die randlichen Leistchen stark hervortretend. Nähte schwach gezackt; an dem einen Stücke die Spuren der Cirrhen als schwache Vertiefungen an der Aussenwand sichtbar.

Diese sehr schmale, aus verhältnismässig hohen Gliedern zusammengesetzte Form ist von den durch Wanner und Quaas besprochenen ächten Pentacrinus-Formen anscheinend verschieden. Die Form der Overwegi-Schichten[2]) ist grösser und hat dabei niedrigere und breitere Elemente, diejenige der Blätterthone[3]) ist nach aussen viel zu kantig, um überhaupt verglichen werden zu können; die nicht abgebildete Type der oberen weissen Kreide hat nach den von Wanner l. c. p. 106 gegebenen Dimensionen ungefähr den Charakter der Form aus dem Overwegi-Niveau. Aber auch die Arten des älteren Tertiär wie P. subbasaltiformis Forbes,[4]) P. didactylus d'Arch. und P.

---

[1]) J. Boehm in Palaeontographica. 38. p. 102, T. IV, f. 19 a, b.

[2]) Quaas T. XX, f. 1.

[3]) Ibidem T. XXXI, f. 16.

[4]) Edwards Forbes: Echinodermata of the British Tertiaries. London (Palaeontographical society) 1852, T. IV, f. 8—10.

diaboli Bay. weichen sowohl in der Gestalt ab wie in der geringen Höhe der Stielglieder. Durch den Hinweis bei Wanner (a. a. O. p. 106) bin ich endlich auf die tunesische Kreideart gestossen, und es scheint mir, als ob mit dieser die unserige restlos vereinigt werden darf. Jedenfalls dürfte sie kaum einer bekannten Type näherstehen.

23. Porocidaris prior. n. sp. T. VII, f. 8—8a. Das flache, seitlich zusammengedrückte, am Rande deutlich scharf gesägte Stachelfragment kann nur mit Angehörigen der bisher ausschliesslich tertiären Gattung Porocidaris Des. verglichen werden. Schon der bekannte P. Schmideli Des. des mittleren Eocän steht nahe, noch ähnlicher sind zwei einer anscheinend neuen Type angehörige Stacheln, welche Sckweinfurth in Kalken der Libyschen Stufe im Wadi Aschar sammelte, „in weissen, mergelartigen sandigen Kalksteinen mit Lucina, Cardita, Porocidaris 25 m über der Kreidebasis“. Mein Porocidaris ruinae[1]) aus der Spileccostufe des Vicentino gehört demselben Typus an, steht aber ferner.

24. Lamna? sp. aff. Vincenti Winkler, vielleicht Oxyrhina angustidens Reuss, T. VII, f. 15—15b. Ein kleiner Selachier-Zahn von 11 mm Länge, einigermassen entsprechend der alttertiären Art, zumal den von Leriche[2]) neuerdings gegebenen Figuren, aber an der Basis noch stärker verschmälert; mit leicht nach aussen gebogener Spitze und schwacher Einbiegung nach innen an der rechten Flanke. Die Mitte der Innenseite unten nur sehr schwach eingebuchtet. Nebenzähne sind nicht sichtbar, doch ist die Wurzel an beiden Endigungen beschädigt. Jedenfalls entspricht die Art keiner der von Wanner und Quaas aus der Kreide angegebenen Typen. Eine gewisse Aehnlichkeit besteht auch mit den als Carcharias (Aprionodon)[3])

---

[1]) Z. d. d. g. G. 1902, p. 173, T. VIII, f. 7.

[2]) Sur quelques éléments nouveaux pour la faune ichthyologique du Montien inférieur du bassin de Paris. Annales de la soc. géologique du Nord. XXX. Lille 1901. p. 159, T. V, f. 16.

[3]) Vergl. F. Priem in B. d. G. F. (III) 27. Paris 1899, p. 243—4, T. II, f. 8—15.

frequens Dames bekannten Formen der Mokattamstufe; doch scheint mir der Zahn selbst im Verhältnisse zur Wurzel zu lang, und von der tiefen medianen Furche finde ich an der letzteren keine Spur. Wenn es sich mit Sicherheit herausstellen sollte, dass keine Nebenzähne vorhanden sind, so dürfte die Form wohl mit allergrösster Wahrscheinlichkeit zu Oxyrhina angustidens Reuss gehören, von der Herr Leriche[1]) neuerdings sehr ähnliche Abbildungen nach Formen der nordfranzösischen Kreide gegeben hat. Die sigmoidale Krümmung des Zahnes, welche der Autor angiebt, würde trefflich stimmen. Aueh diese Form würde dann rein cretacisch sein.

Schlussfolgerungen.

Es ergiebt sich aus dem Vorhergehenden, dass die Blättermergel von Theben eine Faunula enthalten, deren grösster Theil bereits in den typischen Kreideabsätzen der libyschen Wüste auftritt; so:

Balanocrinus africanus P. de Lor.
Palaeopsammia Zitteli Wann.
Pattalophyllia aegyptiaca Wann. sp.
Terebratulina chrysalis v. Schloth.
Nautilus centralis Zitt.
Natica farafrensis Wann.
Cerithium abietiforme Wann.
Voluta aegyptiaca Wann.
Alaria sp.
Cinulia Ptahis Wann. sp.
Cinulia cretacea Quaas
Leda leia Wann.
Axinus cretaceus Wann.

Daneben liegen einige wenige Arten vor, welche im ägyptischen Danien bisher fehlen:

---

[1]) Révision de la faune ichthyologique des terrains crétacés du Nord de la France. Annales de la Soc. géolog. du Nord. XXXI. Lille 1902, p. 87 ff., vergl. p. 117, T. III, f. 59—65.

Pleurotomaria thebensis n. sp.
Trochus sp. aff. margaritifer J. Boehm
Eulima Wanneri n. sp.
Neaera aegyptiaca n. sp.
Limea Delanouei n. sp.

Diese Faunen haben aber sämtlich eher mit Kreide- als mit Eocänarten verglichen werden können.

Als echt tertiäres Element besitzt die Fauna nur

Aturia praeziczac n. sp. und
Porocidaris prior n. sp.

welche allem Anscheine nach bisher in der typischen Kreide Aegyptens nicht aufgefunden worden sind.

Dass es sich in den Blättermergeln von Theben demnach nicht um typisches Eocän handeln kann, wie d'Archiac meinte, scheint mir ausgemacht. Die Bestimmungen d'Archiac's sind allem Anscheine nach grösstentheils irrthümlich. Vermuthlich hat der sehr moderne Totaleindruck der Faunula im Verein mit dem reichen Auftreten der Aturia diesen erstklassigen Forscher, der gerade in den beiden hier in Betracht kommenden Erdperioden so gründliche Specialkenntnisse besass, veranlasst, nun auch z. B. die so überaus ungünstig erhaltenen Nucula- und Leda-Formen auf bekannte Eocänarten zurückzuführen. Und mit Materialien wie diese letzteren lässt sich mit Leichtigkeit alles beweisen!

Der moderne Habitus der Fauna steht fest, aber, was d'Archiac noch nicht wissen konnte, auch das Danien Aegyptens besitzt ihn, und zwar in noch höherem Maasse als die Herren Wanner und Quaas angenommen haben. Ohne das Vorhandensein der Ammoniten, Exogyren, Ananchyten und einiger cretacischer Haifischformen würde man sehr in Verlegenheit kommen, diese Faunen durchgreifend von denen des Eocän zu unterscheiden, und es sind unter den Crassatellen, Carditen, Cucullaeen, Axinus, Turritellen etc.[1]) so manche Typen, welche mir in

---

[1]) Crassatella chargensis Quaas, C. Zitteli Wann., Cardita libyca

überaus ähnlichen Gestalten noch aus dem Mokattam vorliegen. Andrerseits haben z. B. die von Wanner aus der obersten Kreide mitgetheilten Riffkorallen[1]) einen durchaus tertiären Habitus. Wenn je so drängt sich hier die Ueberzeugung auf einer continuierlichen, endogenen, nicht durch fremde Einwanderung stark beeinflussten Entwicklung und naturgemäss ist die Schwierigkeit einer festen Grenzmarkierung auf Grund paläontologischer Momente hier eine ungeheure.

Für mein systematisches Empfinden scheint es, als ob eine Fauna, von der die überwiegende Mehrzahl ihrer Bestandtheile schon in der typischen Kreide auftritt, noch nicht als Tertiär bezeichnet werden kann. Selbst für diejenigen, welche in solchen Fällen zu dem Verlegenheitsausweg einer Zwischenstufe zu greifen pflegen, würde es schwer sein, in dem sog. Paleocän Analoga zu finden. Denn die Sande von Kopenhagen und der Kalk von Mons, die hier in Frage kommen, haben durchaus eocänen Charakter; ebenso ausgesprochen ist der cretacische Habitus bei den Garumnien-Bildungen Südfrankreichs und Nordspaniens. So modern auch die senone und zumal die dänische Kreide an zahlreichen Punkten wird, sie steht dem sie überlagernden Tertiär dennoch stets fremd und unvermittelt gegenüber. Transgressionen und wohl stets durch sie bedingter Wechsel der Facies thun das ihrige dazu, die gesponnenen Fäden abzuschneiden und fremde für sie einzuwirken. Anders liegt, wie v. Zittel seiner Zeit sofort hervorgehoben hat, die Sache für Aegypten, und in die Reihe allmäliger Uebergänge zwischen sonst scharf und präcis getrennten Formationen scheint sich auch der Esnehschiefer von Theben einzuschieben. Andrerseits scheint es mir wohl kaum bestreitbar, dass dieses Gebilde mit seinen zahlreichen Kreideelementen älter sein muss

---

Zitt., Cucullaea Schweinfurthi, Axinus supracretaceus, Turritella (Mesalia non Torcula) Overwegi, Mesalia Jovis-Ammonis Quaas etc.

[1]) Z. B. ist Oroseris undata Wann. (p. 104, T. 14, f. 13), bei der leider eine Vergrösserung des Details vermisst wird, sehr schwer von der eocänen Pachyseris Murchisoni d'Arch. zu unterscheiden. Vergl. über diese letztere meine Bemerkungen und Figuren in Beiträge zur Palaeontologie Oesterr.-Ungarns 1901. p. 207, T. 13, f. 1—1a.

als alles, was sonst selbst als Paleocän bezeichnet worden ist. Diese Anschauung kann aber, bei aller Anerkennung des modernen Charakters dieser Fauna, nur dadurch ihren systematischen Ausdruck finden, dass man diese noch zur Kreide zieht, und erst über dem Niveau der Blättermergel mit der libyschen Stufe das Tertiär, des Untereocän, beginnen lässt.

Anmerkung. Herr Dr. Quaas, welcher mein Material inzwischen bei mir eingesehen hat, ermächtigt mich zu der Erklärung, dass er vollständig einverstanden ist mit den von mir vorgenommenen Identifikationen mit den von ihm beschriebenen Arten aus den cretacischen Blätterthonen, und dass für ihn anderseits die Verschiedenheit meiner Aturia praeziczac von dem bei ihm abgebildeten Nautilus danicus ganz unzweifelhaft sichergestellt ist.

Tafelerklärung.

T. VII.

Fig. 1—3. Aturia praeziczac n. sp. nach verschiedenen Individuen und in verschiedenen Stellungen. Fig. 2a ein aufgebrochenes Exemplar von zwei Seiten. p. 436.
„ 4—4a. Cypricardia? sp. p. 441.
„ 5. Cinulia cretacea Quaas. Mündungsansicht mit doppeltem äusserem Mundsaum und den Falten. p. 446.
„ 6—6a. Neaera aegyptiaca n. sp. Fig. 6a vergrössert. p. 441.
„ 7—7a. Leda Zitteli J. Boehm. Fig. 7a vergrössert. p. 439.
„ 8—8a. Porocidaris prior n. sp. p. 451.
„ 9—9a. Limea Delanoüei n. sp. Fig. 9—9a vergrössert. p. 439.
„ 10—10b. Pattalophyllia aegyptiaca Wann. Fig. 10 Kelchbild mit der grossen warzigen Axe, den Pali und den anscheinend gezähnten Septen vergrössert. Fig. 10b Rippen der Aussenwand, die am Grunde verschmelzen. p. 449.
„ 11. Cypricardia? sp. zeigt die diagonalen Furchen der Analseite. p. 441.
„ 12. Voluta (Scaphella) aegyptiaca Wann. p. 445.
„ 13—13a. Balanocrinus africanus P. de Lor. Fig. 13a vergrössert. p. 450.
„ 14—14a. Lucina? sp. p. 441.
„ 15—15b. Oxyrhina angustidens Reuss? p. 451.
„ 16—16a. Pleurotomaria thebensis n. sp. Fig. 16a halb schematisch. p. 442.
„ 17—18a. Palaeopsammia Zitteli Wann. — Man achte auf den trabekularen Charakter der Rippen auf Fig. 17. p. 448.
„ 19—19a. Eulima Wanneri n. sp. p. 444.
„ 20—20a. Natica farafrensis Wann. Blick auf die Basis und den Columellarpflock. p. 443.
„ 21. Cerithium abietiforme Wann. p. 444.
„ 22—22a. Trochus sp. aff. T. margaritifer J. Boehm. p. 443.

Die Originale zu sämtlichen Figuren dieser Tafel, mit Ausnahme von Fig. 10, deren Typus aus Farafrah stammen soll, wurden in den Blättermergeln von Theben gesammelt und in der paläontologischen Sammlung des bayerischen Staates zu München niedergelegt.

Oeffentliche Sitzung

zu Ehren Seiner Majestät des Königs und Seiner Königlichen Hoheit des Prinz-Regenten

am 15. November 1902.

Der Präsident der Akademie, Herr K. A. v. Zittel, eröffnet die Festsitzung mit einer Rede: „Ueber wissenschaftliche Wahrheit", welche für sich in den Schriften der Akademie veröffentlicht wird.

Sodann verkündigten die Classensekretäre die Wahlen und zwar der Sekretär der II. Classe, Herr C. v. Voit, die der mathematisch-physikalischen Classe.

Es wurden von der mathematisch-physikalischen Classe gewählt und von Seiner Königlichen Hoheit dem Prinz-Regenten bestätigt:

I. zum ordentlichen Mitgliede:

Das bisherige ausserordentliche Mitglied Dr. Johannes Ranke, ordentl. Professor für Anthropologie und allgemeine Naturgeschichte an der hiesigen Universität.

II. zu correspondirenden Mitgliedern:

1. Dr. W. C. Brögger, Professor der Mineralogie und Geologie an der Universität in Christiania;
2. Dr. Wilhelm Engelmann, Professor der Physiologie an der Universität in Berlin;
3. Dr. Adolf Engler, Professor der Botanik an der Universität in Berlin;
4. Dr. J. Willard Gibbs, Professor der mathematischen Physik an der Yale-Universität in New-Haven;
5. Jacobus Hendricus van t'Hoff, Professor der Chemie an der Universität in Berlin;
6. Karl Harry Rosenbusch, Professor der Mineralogie und Geologie an der Universität in Heidelberg.

Sitzung vom 6. Dezember 1902.

1. Herr Ad. v. Baeyer spricht: „Ueber Triphenylmethan-Derivate.“ Die Veröffentlichung findet anderwärts statt.

2. Herr Rich. Hertwig hält einen Vortrag: „Ueber Correlation von Kern- und Zellgrösse.“ Die Veröffentlichung findet ebenfalls anderwärts statt.

3. Herr K. A. v. Zittel legt eine für die Denkschriften bestimmte Abhandlung des Herrn Dr. Max Schlosser, II. Conservators der geologischen Sammlung dahier: „Ueber die fossilen Säugethiere China's“ vor, in welcher die von Herrn Haberer mitgebrachten, namentlich aus Zähnen bestehenden Fossilien bearbeitet sind.

4. Herr Siegmund Günther hält einen Vortrag: „Ueber glaciale Denudationsgebiete im mittleren Eisackthale.“

5. Herr Joh. Rückert spricht: „Ueber Entstehung des Blutes im Hühnerei.“

Glaziale Denudationsgebilde im mittleren Eisackthale.

Von Siegmund Günther.

(Eingelaufen 22. Dezember.)

Jedermann weiss, welch unermessliche Arbeit daran gesetzt worden ist, über die eiszeitlichen Residuen an der Nordseite der Alpen vollkommene Aufklärung zu schaffen,[1]) und auch im Bereiche der lombardisch-venetianischen Tiefebene, sowie in den Westalpen hat diese Untersuchung beträchtliche Fortschritte gemacht. Umso auffallender muss es erscheinen, dass der Südabhang der Zentralalpen nach dieser Seite hin noch verhältnismässig wenig durchforscht worden ist; abgesehen allerdings von der Umgebung Bozens und Merans, der sich schon frühzeitig vielseitige Teilnahme zugewendet hat.[2]) Zu

---

[1]) Penck-Brückner, Die Alpen im Eiszeitalter, Leipzig 1901 ff. Dieses im grössten Stile angelegte Werk, welches jedoch zur Zeit bis zu den hier in betracht gezogenen Gegenden einstweilen noch nicht fortgeschritten ist, wird unser gesamtes Wissen von diesen Dingen derart abgeschlossen darstellen, dass es für jede einschlägige Forschung normativ wirkt (Günther, Pencks neue Glazialstudien, Jahresber. d. Geogr. Gesellsch. zu München für 1901/02, S. 41 ff.).

[2]) Dieses Thal gehört sogar zu den in der Geschichte der Glazialgeologie besonders bemerkenswerten Oertlichkeiten, die zuerst als Zeugen für eine dereinstige weitere Ausdehnung der alpinen Gletscher in anspruch genommen wurden (Gredler, Die Urgletschermoränen aus dem Eggenthale, Bozen 1868). Bald nachher erschienen zahlreiche Beiträge zur weiteren Klärung der hiemit angeregten Fragen (Goetsch, der alte Etschgletscher, Zeitschr. d. deutschen u. österr. Alpenver., 1. Band, S. 583 ff.; Gümbel, Gletschererscheinungen aus der Eiszeit, Sitzungsber. d. k. bayer. Akad. d. Wissensch., Math.-Phys. Kl., 1872, S. 223 ff.).

den am stiefmütterlichsten bedachten Gebieten gehört dagegen das mittlere Eisackthal, dessen Abgrenzung leicht so durchgeführt werden kann, dass es sich gerade mit der Thalweitung von Brixen deckt.[1]) Obwohl man schon seit geraumer Zeit sehr wohl wusste, dass glaziale Schotterbildungen gerade hier kräftig entwickelt sind, wurde doch noch kein ernster Ansatz zu deren näherer Bestimmung und Gliederung gemacht. Wenigstens spricht sich in diesem Sinne Blaas aus,[2]) dessen Streben doch sonst dahin geht, die gesamte Litteratur über die geologischen Verhältnisse Tirols für seine Zwecke heranzuziehen. Eine abschliessende Erörterung liegt auch nicht in der Absicht dieser Studie, die vielmehr nur ein ziemlich beschränktes Territorium aus dem Gesamtbereiche der Brixener Glazialformation herausgreifen, dieses jedoch nach verschiedenen Seiten einlässlich schildern möchte. Es tritt hier nämlich nicht nur das im engeren Sinne glazialgeologische Moment stark in den Vordergrund, sondern es hat in die dortigen Ablagerungen die Erosion zahlreiche Eingriffe gemacht,

---

[1]) Die nördliche Grenze des mittleren Eisackthales fällt naturgemäss zusammen mit der tiefen Klamm, in welcher sich der Fluss, und zwar innerhalb der Mauern von Franzensfeste, seinen Austritt aus dem engen Thale erkämpft, innerhalb dessen er vom Sterzinger Moos aus dahingeströmt war. Das untere Thal würde in der Hauptsache mit dem sogenannten „Kuntersweg“ zusammenfallen, und man könnte als dessen Beginn die schon durch ihren Namen gekennzeichnete Stadt Klausen oder auch, mit vielleicht noch mehr Recht, die etwa eine Stunde oberhalb von ihr gelegene „Sternklamm“ gelten lassen, weil von da ab der Thaleinschnitt die Eigenschaft eines Engpasses annimmt, deren er vor dem „Bozener Boden“ nicht mehr verlustig wird.

[2]) Blaas, Geologischer Führer durch die Tiroler und Vorarlberger Alpen, 4. Bändchen (Mitteltirol), Innsbruck 1902, S. 460 ff. „Bedeutsam, aber noch wenig studiert, sind die mächtigen glazialen Ablagerungen in der Umgebung von Brixen, besonders nördlich der Stadt, bei Neustift, Schabs und Franzensfeste. Die Sedimente bestehen aus Konglomeraten im Liegenden (Neustift), geschichteten, stark gestörten Schottern und Sanden (Neustift, Schabs) und Moränen (Franzensfeste). Wahrscheinlich liegen hier Stauschotter vor, veranlasst durch Absperrung des Eisackthales durch die Gletscher der Dolomiten zu der Zeit, als jene aus den Zentralalpen Brixen noch nicht erreicht hatten.“

welche zur Herausbildung höchst merkwürdiger Formen führten. Man darf es wohl aussprechen, dass sich hier auf verhältnismässig sehr kleinem Raume Paradigmen aller der verschiedenen Denudationsgebilde zusammenfinden, welche unter der Einwirkung fliessenden und meteorischen Wassers zustande kommen können.

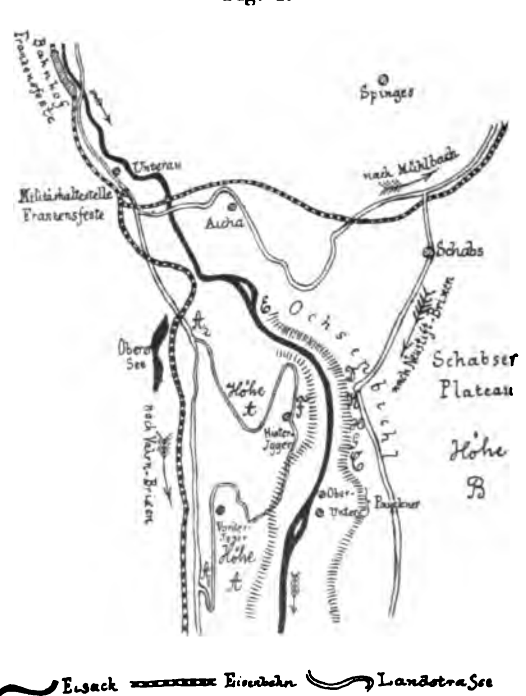
Um zunächst die topographischen Verhältnisse zu erledigen, sei daran erinnert, dass das Eisackthal zwischen Franzensfeste und Brixen durch die beiden Wasserläufe, welchen dasselbe angewiesen ist, in drei untergeordnete, durch niedrige Erhebungen von einander geschiedene Längsthäler zerlegt wird. In Fig. 1, der die österreichische Generalstabskarte (Blätter Klausen und Franzensfeste) zu grunde liegt, sind das westliche und das mittlere dieser drei Parallelthäler veranschaulicht. Das erstere wäre an und für sich ein Trockenthal, wenn nicht durch Aufstauung ein fast 1 km langer See (auf der Karte, aber nicht im Volksmunde „Oberer See" genannt) entstanden wäre, der die spärlichen Zuflüsse von den Bergen herab in sich aufnimmt und, als abflusslos, grossenteils versumpft ist. Ein länglich-schmaler Rücken von geringer Höhe, der künftig kurz den Namen „Höhe A" führen soll, trennt diese Senkung vom eigentlichen Eisackthale, und dieses wieder wird auf seiner östlichen Seite durch einen weit kräftiger modellierten Höhenzug — von nun an „Höhe B" — begleitet, den die offizielle Karte als „Schabser Plateau" kennt. Zwischen diesem und den ziemlich steil ansteigenden Vorbergen der Plose fliesst in tief eingeschnittenem Thale die von Osten kommende Rienz dahin, die sich unmittelbar bei Brixen unter einem scharf ausgeprägten spitzen Winkel mit dem Eisack vereinigt. Das anstehende Gestein aller dieser Hügel verbirgt sich fast durchgehends unter den diluvialen Auflagerungen, und nur bei dem Durchbruch des Eisacks zwischen den beiden Höhen A und B, an dessen unterem Ende das alte Kloster Neustift gelegen ist, kann man deutlich erkennen, dass den Kern derselben archaeische Schiefer bilden.

Das „Schabser Plateau" fällt steil gegen die Eisack-Thal-

niederung ab. Gegen Nordwesten ist eine ausgesprochene Terrassenbildung wahrnehmbar, indem eine fast ebene Fläche, auf welcher das Dörfchen Aicha liegt, sich bis an den Fuss des Berges von Spinges hinzieht. Die Generalstabskarte kennt diese Terrasse als „Ochsenbichl" — eine Bezeichnung, die jedenfalls auch den gegenwärtigen Umwohnern nicht mehr



Fig. 1.



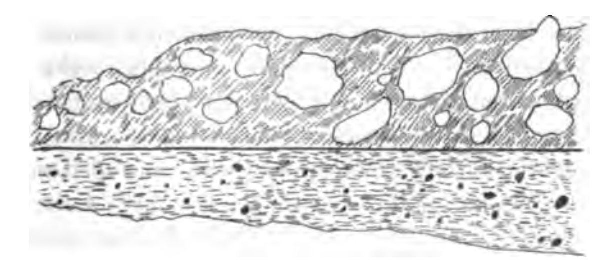
recht geläufig ist. Schon die oberflächlichste Begehung[1]) der Thalleiste vergewissert darüber, dass man es hier mit Glazial-

[1]) Verf. hat den Ochsenbichl samt der angrenzenden Thallandschaft nicht nur zu wiederholten malen allein, sondern zuletzt auch mit einem besonders gründlichen Kenner des Glazialphänomenes, Prof. Ed. Richter (Graz), durchwandert, und es ergab sich hiebei in allen wichtigeren Punkten eine durchgängige Uebereinstimmung der Ansichten.

schottern zu thun habe, wobei allerdings zunächst noch die Frage eine offene bleibt, ob jene vom Gletscher selbst oder von den sich ihm entringenden Wassermassen an ihrem nunmehrigen Orte deponiert worden seien, ob also an Moränen oder an fluvioglaziale Ablagerungen zu denken sei. Auch eine relative Altersbestimmung einzelner Teile wird erst dann möglich, wenn man die Gesamtheit der den Höhen A und B angehörigen Schichten ins Auge fasst.

Nicht unerheblich erleichtert wird diese letztere Aufgabe durch einen Strassenbau, welcher einige höchst belehrende Aufschlüsse in dem sonst allenthalben durch eine reiche Vegetation unübersichtlich gemachten Terrain zuwege gebracht hat. Es

Fig. 2.



kam darauf an, den das rechtseitige Ufer des Eisacks bildenden Wiesengrund, in dem die beiden Weingüter „Vorder-Igger“ und „Hinter-Igger“ kleine wirtschaftliche Zentren ausmachen, durch einen fahrbaren Weg mit der Reichsstrasse Brixen-Vahrn-Franzensfeste zu verbinden; die beiden Punkte, in denen diese Strasse von dem neu angelegten Wege getroffen wird, haben in Fig. 1 die Signaturen A_1 und A_2. Unmittelbar bei A_1 ist deshalb ein Durchschnitt durch den oberen Teil der Höhe A hergestellt worden, und hier zeigt sich ganz ungesucht dem Auge Folgendes: Eine vollkommen horizontal verlaufende Linie scheidet die durch den Einschluss vieler und mächtiger Gesteinstrümmer charakterisierten hangenden Schichten von den stark verwit-

terten liegenden, die nur sehr wenig Schottermaterial, und dieses in weit feiner verteiltem Zustande, enthalten. Fig. 2 sucht von dem hier angedeuteten Gegensatze eine ungefähre Vorstellung zu geben. Die Blöcke sind durchweg Granit und Gneiss und entstammen ersichtlich dem Urgebirge des oberen Eisack- und Wippthales; der sandige Lehm der Unterlage ist aus Gestein von derselben Beschaffenheit hervorgegangen, gehört aber unzweifelhaft einer älteren Epoche an. Die erwähnte Trennungsfläche lässt sich, wenn man einmal an der erwähnten, besonders dazu geeigneten Stelle ihre Eigenart kennen gelernt hat, auch noch anderwärts leicht herausfinden, so beispielsweise im Pusterthale zwischen Mühlbach und Schabs. Vor allem durchzieht sie auch die denudierten Abhänge des Ochsenbiehls, und hier begegnen wir auch einem Vorkommnis, welches besonders beachtenswert erscheint. Durch eine jener Erdpyramiden nämlich, mit denen wir uns gleich nachher zu beschäftigen haben werden, zieht sich der Trennungshorizont derart hindurch, dass ihre Spitze sich aus lauter kleinen, fest verkitteten Schottersteinen zusammensetzt, während der eigentliche Körper der Säule aus gleichmässigem Verwitterungsstoffe von Massengesteinen besteht.[1]) Es wird wahrscheinlich nicht viele zusammenhängende Bezirke in Moränenlandschaften[2]) geben, welche die Trennungsfläche zwischen Ablagerungen verschiedener zeitlicher Entstehungen so präzis auf immerhin weitere Entfernung zu verfolgen gestatten, wie dies hier der Fall ist.

Dass alle diese Ablagerungen den glazialen Typus an sich tragen, kann vonvornherein nicht zweifelhaft sein. Insbesondere

---

[1]) Es ist dies vielleicht der einzige bekannte Fall heterogener Zusammensetzung eines Erdpfeilers. Man nimmt diese Gebilde gewöhnlich als aus einer ganz gleichförmigen Zersetzungsmasse gebildet an. Jene Bänderung, die allerdings da und dort beobachtet wird, ist mit der hier in betracht kommenden Zugehörigkeit zu zwei ganz verschiedenen Schichtfolgen keineswegs identisch.

[2]) Dieses Wort gebrauchen wir in dem erweiterten Sinne, den ihm A. v. Boehm (Geschichte der Moränenkunde, Wien 1902, S. 124) unterlegt.

weisen einzelne der von der oberen Schicht umschlossenen Blöcke prächtige Schliffe auf. Weit schwieriger ist es selbstverständlich, die beiden Depositen mit solchen zu identifizieren, welche man in anderen, weit entfernten Gegenden genau gegliedert und zur Grundlage einer zunächst eben doch dem örtlichen Auftreten angepassten Nomenklatur gemacht hat. Dafür, dass eine Gliederung auch für die südlich vom Brenner auftretenden Glazialgebilde möglich ist, hat vor längerer Zeit bereits Penck[1]) den Nachweis erbracht, indem er wenigstens für die Seitenmoräne des grossen Gletschers, der damals von der anders gelegenen Wasserscheide[2]) des Uralpenzuges sich herabsenkte, feststellte, dass sie dem letzten Eiszeitstadium angehört haben müsse. Die genauen chronologischen Parallelen zwischen den an den Höhen A und B wahrnehmbaren Formationen und denen, die den Nordrand der Alpen einsäumen, wird man heute noch nicht ziehen können; verbürgt ist anscheinend nur das, dass die beiden Ablagerungen, die der mehrerwähnte Trennungshorizont zu unterscheiden gestattet, zwei verschiedenen Uebereisungsperioden zuzurechnen sind. Die obere Schichtenreihe dürfte mutmasslich als fluvioglazial anzusprechen sein, weil eben in ihr vielfach eine so regelrechte Schichtung der derberen Einschlüsse zu tage tritt, wie sie nur von fliessendem Wasser bewirkt zu werden pflegt. Die glaziale Schrammung und Schleifung der Gesteinstrümmer mag über dieselben zu einer Zeit ergangen sein, als sie sich noch in ihrer ursprünglichen Verbindung mit dem anstehenden Fels befanden. Alles in allem weisen die äusseren Kennzeichen auf den Niederterrassenschotter[3]) des bayerischen Alpen-

---

[1]) Penck, Der Brenner, Zeitschr. d. deutschen u. österr. Alpenver., 18. Band, S. 11.

[2]) Was Penck nach dem damaligen Befunde nur ahnen konnte, hat F. Kerner v. Marilaun (Die Verschiebungen der Wasserscheiden im Wippthale während der Eiszeit, Sitzungsber. d. k. k. Akademie d. Wissensch. zu Wien, Math.-Naturw. Kl., 1. Dezember 1891) mit neuen Argumenten erhärtet.

[3]) Nach der neuerdings von Penck gewählten und in dem jüngsten

vorlandes hin, der, rein morphographisch betrachtet, eine ganz analoge Beschaffenheit besitzt.

Was dieser Nebeneinanderstellung noch eine gewisse Stütze verleiht, ist die Thatsache, dass an einzelnen Stellen dieser Terrassenschotter sich in höchst eigenartiger Weise mit einer ganz unregelmässig gelagerten Schicht durchdringt, die unserem Deckenschotter zum mindesten ausserordentlich ähnlich ist. Da und dort begegnet man Konglomeraten, die von der nordalpinen Nagelfluh kaum zu trennen sind; ein Irrblock dieser Art liegt z. B. hart an dem Wege, der von der Brixener Vorstadt Stufls nach Neustift führt. Ganz besonders bezeichnend sind ferner die Zustände am nördlichen Ende der Ochsenbichl-Terrasse. Wie aus Fig. 1 zu ersehen, schmiegt sich diese letztere ganz und gar dem gewundenen Laufe des Flusses an, so dass zwischen ihr und dem Eisack nur ein ganz schmaler Ufersaum übrig blieb. Da, wo dieser sich südlich etwas erweitert, liegen die beiden Einöden „Ober-" und „Unter-Pauckner", und von hier an, von C bis D, besitzt die glaziale Flanke der Höhe B (s. o.) den uns bekannten Charakter. Dieser verliert sich von D an nach und nach, und gegen E hin machen sich mehr und mehr grobe, durch ein lössartiges Bindemittel zementierte Blöcke geltend, die eben unwillkürlich den Eindruck des Deckenschotters hervorrufen. Indessen wäre es gewagt, bestimmt von einem solchen zu sprechen, solange nicht auch anderswo das Vorkommen solcher Gebilde, und zwar unter dem vermeintlichen Niederterrassenschotter,[1]) zuverlässig ermittelt ist.

Werke konsequent zur Anwendung gebrachten Bezeichnungsweise läge das System W (Würm) vor.

[1]) Trotzdem von hause aus der Deckenschotter unter der Hochterrasse liegt, die ihrerseits wieder die Niederterrasse unterteuft, bringt es doch die Flusserosion mit sich, dass man in der Nähe des vom Flusse gebildeten Einschnittes den Deckenschotter in höheren Horizonten als die später abgesetzten Schotter antrifft (Penck-Brückner-Du Pasquier, Le système glaciaire des Alpes, Neuchatel 1894). Wie eigentümlich hie und da eine Grundmoräne sich in die Niederterrasse hineinzuschieben vermag, beweist die Bänderung der Innleite bei Wasserburg in Ober-

Dieser letztere ruht also, wie wir sahen, der Regel nach auf einer mutmasslich ziemlich mächtigen Schicht, die gar nichts mit Nagelfluh zu thun hat. Man möchte wohl geneigt sein, in ihr eine echte Moräne und zwar, angesichts der feinen Aufbereitung ihres Materiales, eine Grundmoräne zu erblicken. Andererseits will auch jene Anschauung, auf welche Blaas (s. o.) anspielt, beachtet sein. An und für sich hindert nichts, sich den Sachverhalt in der Weise zurechtzulegen, dass von Osten her ein gewaltiger Gletscher den Ausgang des Eisackthales versperrt und die nach Süden abfliessenden Gewässer aufgestaut habe; wenn dann der Eisackgletscher in den so entstandenen See hineinrückte, konnten seine Moränen sehr wohl jene Konfiguration annehmen, welche die untere Schicht erwähntermassen auszeichnet. Auf ein Zusammenwirken flüssigen und gefrorenen Wassers wird man somit bei der Erklärung der Glazialdepositen nördlich von Brixen unter allen Umständen Bedacht nehmen müssen, indem nur bei den oben aufliegenden Schottermassen der fluvioglaziale, bei den fast homogenen Straten der tieferen Horizonte mehr der im engeren Sinne glaziale Ursprung zu betonen wäre. Als ein weiterer Faktor könnte auch noch die Gestalt der Höhe A eine gewisse Rolle spielen, welche unverkennbar die eines Drumlins ist. „Die Drumlins sind“, so lesen wir in der massgebenden Darstellung,[1] „gestreckt und schwarmförmig in der Richtung der Eisbewegung angeordnet; in der Mittellinie der alten Gletscherzunge stehen sie daher senkrecht zur Richtung der Endmoränen, an den Flanken laufen sie unter

---

bayern, auf welche von Penck (Penck-Brückner, S. 131 ff.) als auf eine seltenere Modalität der Verknüpfung von Schotter und Moränen, die zumeist eine „Verzahnung“ oder „Verkeilung“ zu sein pflegt, hingewiesen worden ist.

[1]) Penck-Brückner, a. a. O., S. 16. Als Ort der Drumlins, wie der verschiedenen Gattungen glazialer Absätze werden hier die „Zungenbecken“ definiert, ringsum geschlossene, tiefe Wannen, häufig von Seen erfüllt. Die Merkmale eines solchen Beckens treffen teilweise für die hier behandelte Thalung zu, welcher der Fluss freilich eine Oeffnung nach abwärts verschaffte.

spitzem Winkel auf letztere zu". Dass ein normaler Endmoränenwall heutzutage nicht mehr existiert, kann mit Rücksicht auf die zerstörenden Wirkungen, welche die verbundenen Flüsse Eisack und Rienz bei ihren häufigen Ueberschwemmungen ausgeübt haben, nicht befremden; im übrigen dagegen ordnet sich die Höhe A völlig der Penck'schen Begriffsbestimmung unter. Die verlängerte Achse der einer langgestreckten Ellipse im Horizontalprofile vergleichbaren Erhebung mochte einstens gerade mit der Mittellinie der Stirnmoränen zusammenfallen.[1])

Soviel über die hypothetische Entstehung der Schottermassen, welche den Abhang des Ochsenbichls bilden. Wir gehen jetzt zu den merkwürdigen Oberflächenformen über, welche diesem abgelegenen und — wie es wenigstens den Anschein hat — noch nirgendwo beschriebenen Erdenwinkel[2]) auch unter dem landschaftlichen Gesichtspunkte ein ganz eigenartiges, pittoreskes Gepräge verleihen. Auf der Strecke C D (Fig. 1), deren Richtung eine angenähert meridionale ist, hat sich eine formenreiche Kolonie von Erdpyramiden angesiedelt; die Steilwand D E hingegen, welche unter stumpfem Winkel von C D abgeht, zeigt sich durchsetzt von gigantischen geologischen Orgeln. Es ist bekannt genug, dass diese beiden Gruppen von Naturerscheinungen auf Erosion und Denudation

---

[1]) Auch die Beschreibung, welche Nansen (Auf Schneeschuhen durch Grönland, 2. Band, Hamburg 1897, S. 451 ff.) von den Drumlins gibt, passt sich vollständig unserem Falle an. Sie überdecken die Grundmoränen, und da erwähntermassen die glazialen Unterschichten der Höhe A von uns mit einer Grundmoräne identifiziert worden sind, so würde auch dieses Kennzeichen zutreffen.

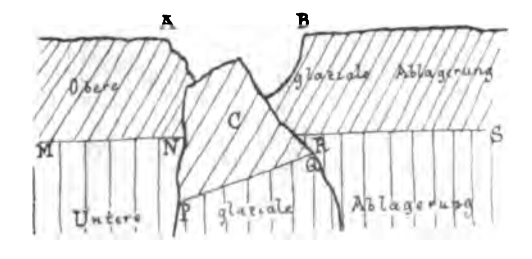
[2]) Unmittelbar führt keine Chaussée dorthin, und eine genauere Bekanntschaft mit der Oertlichkeit lässt sich lediglich durch eine etwas anstrengende Wanderung erreichen. Einen Ueberblick gewährt freilich schon ein Punkt, der von der Reichsstrasse Brixen-Pusterthal nur wenige Schritte entfernt ist, den aber eben nur der Eingeweihte sofort findet. Gleichwohl kann man auch vom Eisenbahnwagen aus, bald nachdem man auf der Pusterthalbahn die Militärhaltestelle Franzensfeste verlassen hat, aus einer Entfernung von 2 km die kühnen Formen deutlich genug beobachten. Auch von Vahrn aus kann dies geschehen.

zurückzuführen sind; sehr belehrend sind aber im vorliegenden Falle die lokalen Verhältnisse, welche mehr als sonst eine tiefere Einsicht in den Hergang zu gewinnen erlauben. Fürs erste soll den Erdpfeilern, deren Beschränkung auf einen völlig abgeschlossenen Raum[1]) jedermann auffallen muss, eine eingehendere Betrachtung zu teil werden.

Obwohl es Erdpyramiden und Bodenprotuberanzen, deren Herauspräparierung aus einer zuvor ziemlich gleichmässig ver-

[1]) Auch gegenüber von CD (Fig. 1), bei F, scheint beim ersten Beschauen eine Erdpyramide sich abgelöst zu haben; sieht man aber näher zu, so überzeugt man sich, dass das losgetrennte Erdstück nicht durch eine von oben nach unten, sondern durch eine von unten nach oben wirkende Kraftwirkung des Zusammenhanges mit dem Hauptkörper beraubt worden ist. Die Bewaldung des Abhanges ist der Ermittlung des Sachverhaltes wenig günstig, allein die uns bekannte, auch an dieser Stelle hervortretende Trennungslinie hilft aus der Verlegenheit. Von A bis B (Fig. 3a) klafft eine halbkreisförmige Unterbrechung in dem fast lotrecht abstürzenden Schotterwalle, und gerade vor ihr erhebt sich aus Bäumen der vorbezeichnete Obelisk C, der sich, als die Unterwaschung durch die Eisackfluten ihn abtrennte, zugleich nach Süden drehte, so dass nunmehr der fragliche Horizont den Verlauf MNPQRS erkennen lässt, indem das Stück PQ flussaufwärts ansteigt. Der Bildungsakt ist völlig derselbe wie bei den südrussischen Obruiven (Küstenabrutschungen), mit denen uns Kohl (Reisen in Südrussland, 2. Band, Dresden 1841, S. 63 ff.) bekannt gemacht hat. Das strömende Wasser grub sich, gerade so wie es am Steilrande der pontischen Steppe die Wellen des Schwarzen Meeres thun, in die Basis des Abhanges ein und lockerte dessen Konsistenz so lange, bis eine Höhle entstanden war; deren Decke brach ein,

Fig. 3a.



teilten Masse leicht angreifbaren und zerstörbaren Stoffes sich in einer wesentlich ähnlichen Weise erklären lässt,[1]) allenthalben

---

und das darüber stehende Erdprisma sackte nach, so dass jene zirkusartige Ausbuchtung entstand (Fig. 3 b). Es liegt folglich ebenfalls ein erosiver Vorgang in mitte, aber derselbe ist, wie bemerkt, grundverschieden von demjenigen, dem die Ausgestaltung des gegenüberliegenden Abhanges der Höhe B auf Rechnung zu setzen ist.

[1]) Es ist nicht ohne Interesse, alle die turmartigen Oberflächengebilde zusammenfassend zu behandeln, von denen in der physischen Erdkunde gesprochen wird. Abgesehen von den durch direkten Aufbau entstandenen Stalagmiten, von den denudatorisch blosgelegten, aber doch längst zuvor vorhanden gewesenen Batholithen und unwesentlichen anderen Gelegenheitsbildungen kann man stets das gleiche Grundprinzip konstatieren: Die Erosion greift modellierend in eine vorher ziemlich einförmige, tiefer gehender Diffe-

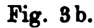


Fig. 3 b.



auf der Erde gibt, so kann man trotzdem den Satz aufstellen: Tirol ist das klassische Land der Erdpyramiden. Die

---

rentierung entbehrende Masse ein. Dieselbe kann aus festem Gestein, aus lockeren Stoffen oder aus Eis bestehen — was aus ihr unter dem stetig wirkenden Einflusse auch ganz schwacher Kräfte wird, ermangelt nicht gewisser gemeinsamer Familienzüge, die sich beim Beschauen der entsprechenden Landschaftsbilder ungezwungen dem Auge einprägen. Bilderwerke, in denen die wichtigsten Oberflächenformen anschaulich zusammengestellt sind, können nach dieser Seite hin der Forschung wirklichen Vorschub leisten; dahin gehört vorzugsweise das monumentale Werk von Robin (La terre; ses aspects, sa structure, son évolution, Paris 1902). Nur in gedrängter Kürze seien die wichtigsten Modalitäten hier aufgeführt. In die erste Gruppe gehören säulenartige Felsbildungen des Cañons von Colorado; die „Aiguilles" des Montblancgebietes, welche dessen Südseite, gegen Courmajeur, als in ein schon von Saussure bewundertes Meer spitz ansteigender Protoginpyramiden aufgelöst erscheinen lassen (Petersen, Erinnerungen an den Col du Géant, Z. d. d. u. öst. Alpenver., 17. Band, S. 357); die kretazischen Felszerklüftungen des Mittelgebirges (Labyrinthe von Adersbach und Weckelsdorf, Sächsische Schweiz, Wittower Klint auf Rügen mit geradezu überraschenden Anklängen an die Erdpyramiden, „Rochers de Vallière" im Departement Charente Inférieure); dolomitische Nadelbildungen (Südtirol, Fränkische Schweiz, Umgebung von Montpellier, „Nadel" im krainischen Sannthale); die durch Deflation erzeugten Restberge („Zeugen" in den afrikanischen und asiatischen Wüsten, „Mesas" im südlichen Nordamerika, „Teufelstisch" bei St. Mihiel an der Maas, „Monument-Park in Colorado); Brandungsresiduen am Meeresgestade („Needle-Rock" in New-Jersey, „Demoiselle de Fontenailles" im Departement Calvados, „Aiguille d'Étretat" im Departement Seine Inférieure, „Mönch" auf Helgoland). Die zweite Formenklasse bietet uns im folgenden Stoff zu besonderer Erörterung. Was endlich die dritte anlangt, so ziehen zwei Erscheinungen unsere Aufmerksamkeit auf sich, die der Séracs und des Büsserschnees, über deren gegenseitige Beziehungen noch keine volle Klarheit geschaffen ist. Wenn man mit Sieger (Die Karstformen der Gletscher, Geogr. Zeitschr., 1. Band, S. 182 ff.) die Mannigfaltigkeit der Gebilde, welche durch Insolation, Ablation und Zusammensturz an der Oberfläche eines Gletschers hervorgebracht werden können, mit derjenigen verkarsteter Kalkgebirge vergleicht, wird man sich dem Gefühle nicht zu entziehen vermögen, dass das einigende Band, welches sogar Eis und Stein verknüpft, auch im Bereiche des festen Wassers allein diese seine Kraft bethätigen werde. Hauthals Entdeckung (Gletscherbildung aus der argentinischen Cordillere, Globus, 67. Band, S. 37 ff.), dass Säulen aus „Nieve penitente"

erste Erwähnung derselben im wissenschaftlichen Schrifttum[1]) datiert von einem Tiroler, dem Innsbrucker Mathematiker F. Zallinger, der auf sie anlässlich der Besprechung der Muhrbrüche hingewiesen hat.[2]) Es dauerte längere Zeit, bis

---

sich auch mit wirklichen Gletschern zusammenfinden, spricht freilich einigermassen gegen die von Brackebusch (Die Penitentesfelder der argentinischen Kordilleren, Globus, 63. Band, S. 1 ff.) vertretene Anschauung, der zufolge diese Eispilaster als ein unmittelbares Seitenstück zu den Erdpyramiden zu gelten hätten.

[1]) Unser ganzes Wissen von der Sache, wie es vor einigen Jahren beschaffen war, kennzeichnet sehr übersichtlich eine Schrift von C. Kittler (Ueber die geographische Verbreitung und Natur der Erdpyramiden, München 1897; M. Geogr. Studien, herausgeg. von S. Günther, 3. Stück). Einige Ergänzungen zu den hierin niedergelegten Angaben über das Vorkommen dieser „Lehmtürme", wie man in Tirol sagt, werden weiter unten gegeben werden.

[2]) F. S. Zallinger zum Thurn, Von den Ueberschwemmungen in Tirol, Innsbruck 1779, S. 63 ff. Wenn wir die betreffende Stelle wörtlich wiedergeben, erreichen wir zugleich, dass Zallinger als der eigentliche Begründer der Lyell'schen Theorie, von der nachher die Rede sein wird, hervortritt. „Was das Regenwasser in einem lockeren Boden vermag, zeigen auch jene Säulen und Pyramiden, die ich nicht weit von Unterinn und Lengmoos niemals ohne Vergnügen ansah. Sie stehen fast senkrecht; bei einigen gehen aus dem nämlichen Stamme zwei oder drei hervor; die meisten ziehen sich oben in eine Spitze zusammen und, was recht wunderlich scheint, ist die Spitze bei allen mit einem grossen Steine bedeckt. Als ich, die Sache genauer zu beobachten, hinzutrat, fand ich augenscheinlich, dass die Pyramiden nur von dem Regen entstehen können; denn dieser spült nach und nach die lockere rote Erde an der Seite herum so ab, dass nur jene Stücke noch übrig blieben, die wider den Regen noch von jenen Steinen sind geschützt worden, so man itzt auf jenen Spitzen beobachtet." Was Lyell zur Erklärung beibringt, ist nur eine Umschreibung des hier kurz und bündig skizzierten Grundgedankens: Zallinger möchte die Priorität des Hinweises auf solch ungewöhnliche Bodenformen einem Buche von Mitterpacher (Kurzgefasste Naturgeschichte der Erdkugel, Wien 1774, S. 43 ff.) zuerteilen. Bei näherem Zusehen muss man es jedoch mindestens als sehr zweifelhaft erachten, ob jene Säulen, die Bouguer in den Cordilleren, Pontoppidan in Norwegen, Gmelin in Sibirien gesehen zu haben angeben, wirkliche Erdpyramiden und nicht vielmehr Denudationsfiguren anderer Art waren.

zu den stets in erster Linie genannten Erdpfeilern am Bozener Ritten, deren die älteren Schriften ausschliesslich gedenken,[1]) auch andere Gebilde von verwandtem Charakter hinzukamen. Nur eine einzige Erwähnung, und zwar aus dem Gebiete der Westalpen, ist fast gleichaltrig, steht jedoch ganz isoliert da.[2]) Jedenfalls wird man, sobald von Erdpyramiden die Rede ist, sofort an Tirol denken, und diesem Lande werden am zweckmässigsten etwaige Typen zu entnehmen sein, nach denen sich eine Klassifikation derartiger Bodenformen bewerkstelligen lässt. Eine solche anzuregen, wäre schon längst am Platze gewesen, um, wenn es sich um die Schilderung irgend eines konkreten Vorkommens handelt, sich in der oft abenteuerlichen Formenfülle leichter zurechtzufinden. Der nachstehende Vorschlag will nur als ein solches Hilfsmittel bequemer Orientierung betrachtet werden; er sieht von allen eigentlich morphologischen Erwägungen ab und hält sich ausschliesslich an äusserlich in die Augen fallende, rein morphographische Momente. Als Südtiroler Typus bezeichnen wir den von einem Felsblock, einem Rasenstücke oder einem Baume gekrönten Obelisk;[3]) das Wort Nordtiroler Typus ist von den besonders schönen, jedem Brennerfahrer wohlbekannten Spitzsäulen bei Patsch herge-

---

[1]) Die gesamte hierher gehörige Litteratur berücksichtigen ausser Kittler auch noch nach Möglichkeit Penck (Die Morphologie der Erdoberfläche, 1. Band, Stuttgart 1894, S. 234 ff.) und der Verf. (Handbuch der Geophysik, 2. Band, Stuttgart 1899, S. 885 ff.). Einige Nachträge hinwiederum sind in gegenwärtiger Abhandlung enthalten.

[2]) Saussure, Voyages dans les Alpes, 8. Band, Neuchatel 1796, S. 11 ff.; er spricht da von den „monticules de formes souvent coniques“ im Kanton Wallis.

[3]) Trotz dieser gemeinschaftlichen Eigenschaft können selbst innerhalb eines und desselben Formenbereiches noch die schärfsten Gegensätze platzgreifen; man vergleiche beispielsweise die eleganten, himmelanstrebenden Obelisken vom Ritten mit den täuschend einem grossen Pilze gleichenden Zwergformen des Jenesien-Berges bei Bozen, die ihrerseits wieder in allen Stücken erinnern an die von F. Simony (Das Dachsteingebiet, 1. Band, Wien 1889, S. 107; Tafel XCII) beschriebenen „Hutpilze“ aus Breccienmaterial.

nommen; der Osttiroler Typus endlich soll gewisse scharfschneidig auslaufende, aber auf langgestreckter Basis sich erhebende Denudationsreste in sich begreifen.[1]) Wenn wir uns dieser Sammelnamen bedienen, so können wir mit Bezug auf die Erdsäulenkolonie des mittleren Eisackthales als deren hervorstechendste Eigenschaft die hinstellen, dass in ihr alle drei Typen, wenn auch durchaus nicht gleichmässig, vertreten sind.

Auf die Entfernung eines starken Kilometers ist der ganze Steilhang C D (Fig. 1) des Schabser Plateaus (Höhe B) zerfasert in ein Aggregat von Erdsäulen, die im denkbarst abwechselungsreichen Bilde aus ziemlich dichtem Walde emporragen.[2]) Abgesehen von kleineren, da und dort eingestreuten Exemplaren sind es wesentlich drei in sich geschlossene Familien, die den Beschauer fesseln. In dem Photogramme (Fig. 4) ist das ganze Gebiet, dessen Schilderung hier gegeben wird, zur Anschauung gebracht worden. Die drei zusammengehörigen Gruppen lassen sich darin, wenn man von rechts gegen links fortschreitet, unschwer erkennen. Die Photographien wurden dem Verf. in allen Fällen von seinen Söhnen geliefert. Bei den beiden ersten — von Süden aus gezählt G und H in Fig. 1 — ist der Auflösungsprozess bereits weiter fortge-

[1]) Rabl, Die Erdpyramiden von Goednach-Goertschach, Der österreichische Tourist, 1884, S. 149 ff. Diese sonderbaren Gebilde sind nicht aus diluvialem Schotter, sondern aus tertiären Konglomeraten herausgearbeitet, was wohl zum teile die Verschiedenheit der Sachlage begreiflich macht. Wahrscheinlich ist aber gleichwohl die Abweichung nur eine scheinbare, indem nämlich bei stetigem Fortschreiten der Erosionsarbeit die Erdpyramiden vom Osttiroler Typus in solche der beiden anderen Typen zerlegt werden würden.

[2]) Die Basisfläche der Pyramiden ist so zerrissen und das Unterholz so dicht, dass sich Versuche, die Höhe der einzelnen Objekte, vielleicht nach dem für Bäume von Stützer (Die grössten, ältesten oder sonst merkwürdigen Bäume Bayerns in Wort und Bild, München 1900, S. 16 ff.) erprobten photogrammetrischen Verfahren, bestimmen zu wollen, von selbst verbieten. Der Schätzung zufolge darf man jedoch einzelne dieser Säulen den höchsten bisher in Europa bekannten zurechnen; die eigentlichen Riesen beherbergt Nordamerika, wie in anderen Fällen auch.

schritten, so dass die einzelnen Aufragungen fast ganz isoliert erscheinen und nur noch in ganz geringer Höhe über dem Boden mit einander verbunden sind. Fig. 4 (rechts) gibt einige markante Erscheinungen wieder; es herrscht hier hauptsächlich der Südtiroler Typus vor, doch ist auch derjenige Osttirols nicht unvertreten.

Weitaus am fesselndsten gestaltet sich in landschaftlicher, wie in wissenschaftlich-geographischer Hinsicht die dritte Kolonie (K in Fig. 1); sie gewährt uns eine vortreffliche Gelegenheit, die Bildung der Erdpyramiden genetisch zu verfolgen. Durch Erdrutsche, als deren Ursache hier, wie am jenseitigen Ufer, die Unterspülung durch den über seine gewöhnlichen Grenzen getretenen Eisack anzusehen ist, wurden zu beiden Seiten der schmalen Wand, welche an diesem Orte allein von der glazialen Schottermasse stehen blieb, sehr ansehnliche Bestandteile dieser letzteren fortgeschafft, so dass die Abrissstellen in ihrer ganzen Eigenart erkennbar sind.[1])

---

[1]) Bezeichnend ist für die Abrisszirken die vollkommene Glätte der Wandungen, und auch da ist es einerlei, ob aus einer festen, aus einer lockeren oder aus einer Eis-Masse sich der halbzylindrisch begrenzte Rutschkörper losgelöst hat, dessen Trümmer den unteren Teil der Rutschbahn, die angrenzende Thalsohle und die sogenannte „Spritzzone" — nach A. Heim — bedecken. Vielfach sieht sich dieser Hohlraum so an, als wäre das fehlende Stück geradezu mit dem Messer herausgeschnitten worden. Sehr belehrend sind nach dieser Seite hin die Photogramme, welche A. Heim (Die Gletscherlawine an der Altels, Zürich 1895) und L. Du Pasquier (L'Avalanche de l' 11 septembre 1895, Neuchatel 1896) von dem Eisabbruche des Altelsgletschers mitgeteilt haben. Die Abbildungen der Ursprungsstellen von Erdschlipfen und Bergstürzen sind bis jetzt wenig zahlreich. So gibt es von dem tragischen Ereignis, welches am 2. September 1806 das Gelände zwischen Zuger- und Lowerzer-See betraf, zwar eine für jene Zeit vortreffliche und auch der kartographischen Beigaben nicht entbehrende Monographie (Zay, Goldau und seine Gegend, Zürich 1807), aber die interessante Abrissstelle scheint auch später nicht viel beachtet worden zu sein, und es mag sich deshalb empfehlen, ein photographisches Originalbild (Fig. 5) hier einzufügen, aus dem sofort erhellt, dass eine glatt verlaufende Vertikalfläche die stehen gebliebenen Teile der den Rossberg bei Goldau bildenden Nagel-

Fig. 4.



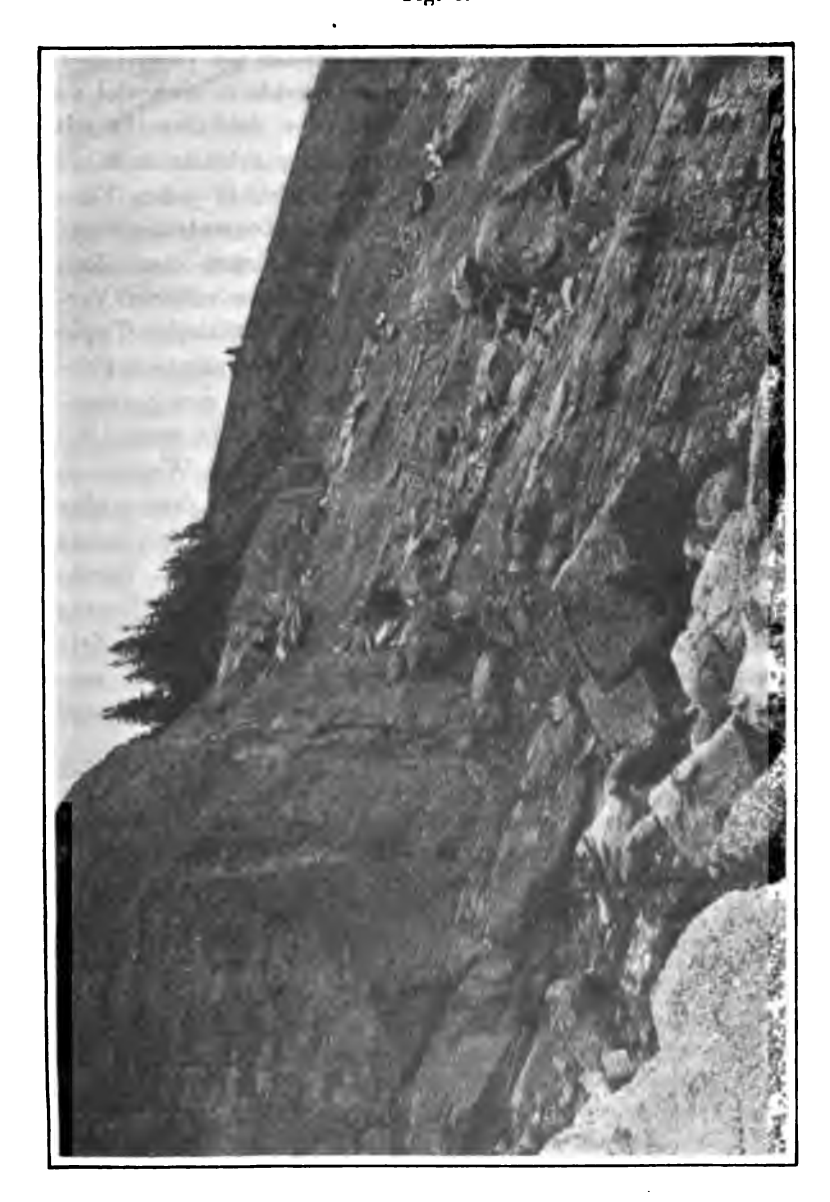
Fig. 4.



[illegible] ist von den erosiven [illegible] ein Bild zu liefern. [illegible]
[illegible] wovon Fig. 4 ein Bild [illegible]. Ausser-
[illegible] Miniaturgebirges [illegible] Türme ragen in die
[illegible] Zacken, Säulen, Pfeiler. [illegible] Anzahl
[illegible] und da wird ein [illegible] Form [illegible] an i[illegible]
[illegible] Türmchen umgeben, [illegible] geworden [illegible]
[illegible] Von den zahlreichen [illegible] Vergleich [illegible]
unter dem gleichen Gesichtspunkte [illegible]
kann keine an malerischer [illegible]
der Gruppe K aushalten. [illegible]
anscheinend ein [illegible]
einen kleinen [illegible]
Plateaus.

[illegible]

Fig. 5.



Das Abrissgebiet des Bergsturzes von Goldau [1806].

um die richtige Bewertung der der Wasserwirkung bei der Gestaltung des Erdbildes zuzuteilenden Rolle unvergängliche Verdienste erworben hat, den Steineinschlüssen der verwitterten Masse, aus der sich die Erdpyramiden absondern, eine viel zu hohe Bedeutung bei. Es war Ratzel, der sich zuerst[1]) mit Entschiedenheit gegen diese Ueberschätzung erklärte und betonte, dass, wie er sich neuerdings ausdrückt, in jedem Felsblocke allerdings ein Element zugleich der Konzentration und des Schutzes gegeben sei,[2]) dass aber auch ohne diese doch recht oft fehlenden Zugaben die Bildung ihren ruhigen Verlauf nehmen könne. In der That ist ja der Südtiroler Typus nicht entfernt die Norm. Man könnte z. B. in unserem Falle sehr wohl fragen, weshalb dieser Typus so gar wenig ausgeprägt sei, da es doch an Blockeinschlüssen nicht mangelt.[3]) Weit wichtiger noch ist eine andere Frage, deren Wesen von Ratzel gleichfalls berührt wird, auf deren Tragweite aber noch mehr von Kittler[4]) aufmerksam gemacht wurde. Schon früher hatte sich der Verf. von der Notwendigkeit durchdringen lassen, dass, ehe das Regenwasser die Modellierung der einzelnen Protuberanzen in angriff nimmt, ihm die Zerklüftung der ganzen Masse bis zu einem gewissen Grade vorgearbeitet haben muss. In Kürze lässt sich das Prinzip, auf

---

[1]) Ratzel, Ueber die Entstehung der Erdpyramiden, Jahresber. d. Geogr. Gesellsch. zu München, 1884, S. 77 ff.

[2]) Es wird (Die Erde und das Leben, S. 556 ff.) daran erinnert, dass es an minder steil geböschten Abhängen auch liegende Erdpyramiden gibt, an denen der Beruf der Steinkrönung, wenn dieser Ausdruck gestattet ist, sehr deutlich hervortrete. Unter allen Umständen begünstigen die Blöcke das Eindringen des Wassers in grössere Tiefe und damit auch die Abtrennung von der Hauptmasse.

[3]) Die Mehrzahl der Pyramiden besteht, wie oben bereits festgestellt ward, aus feinem Moränenlehm und kommt demnach ohnehin für Decksteine nicht in betracht. Einige freilich ragen auch über den Schotterhorizont empor, allein die Blöcke sind durchweg nicht gross und noch dazu sehr glatt vom Wassertransporte, so dass sie auch nicht besonders dazu geeignet waren, auf einer schmalen Unterlage dauernd liegen zu bleiben.

[4]) Kittler, a. a. O., S. 45.

welches es hauptsächlich ankommt, folgendermassen formulieren: Jene Detailarbeit, als deren Ergebnis die Herausbildung der einzelnen Erdpyramiden zu betrachten ist, beginnt erst dann energisch einzusetzen, wenn der Schutt-, Lehm- oder Lösskörper, der einstweilen noch als kompakt vorausgesetzt wird, irgendwie in langgestreckte Kämme von sehr geringer Breite zerfällt worden war. Ehe es soweit gekommen ist, entstehen Aushöhlungen, Regenrinnen und allenfalls embryonale, fast ganz mit der Hinterwand verwachsene Auszackungen, nicht aber selbständige Pyramiden und Obelisken.

Massgebend ist mithin für diese letztere eine lineare Anordnung. Da, wo die Anzahl der Einzelgebilde eine verwirrend grosse ist, scheint sich ja eine solche nicht nachweisen zu lassen, indem man zuerst blos ein Durcheinander wahllos neben einander gestellter Aufragungen wahrzunehmen glaubt. Richtet man aber das Augenmerk konsequent auf ein noch so kraus angeordnetes Aggregat, also gleich auf die berühmten Rittengebilde im Thale des oberen Finsterbaches, so findet man allgemach Reihen von schlanken Säulen heraus, die aus einer gemeinsamen Basismauer, dem Reste jenes früheren Kammes, förmlich herausgewachsen sind.[1]) Bei aufmerksamer Durchmusterung guter Abbildungen kann man feststellen, dass ein einzelnes Individuum stets eine Reihe anderer Individuen verdeckt. Auf diese Eigentümlichkeit muss besonderer Nachdruck gelegt werden; sie liefert den Schlüssel für das Verständnis der Bildungsgeschichte, und es würde nicht schwer halten, durch eingehende Prüfung einer grösseren Menge von bekannteren Vorkommnissen jenen Satz, der übrigens auch für sich selbst spricht, erfahrungsgemäss zu belegen.[2]) Die Art und

---

[1]) Weiter unterhalb, gegen Atzwang zu, gelingt die Beobachtung leichter, weil dort nur einzelne Reihen zierlicher, minder hoher Säulchen stehen, über deren jeweiligen Zusammenhang schon der blosse Anblick vergewissert.

[2]) Von alpinen Plätzen, die minder bekannt sind, seien besonders erwähnt Berghalden bei Bolladore im oberen Veltlin und bei dem

Weise, wie sich die Kämme bilden, braucht keine einheitliche zu sein. In dem uns beschäftigenden Falle hat gewiss der unten vorbeifliessende Gebirgsstrom mit seinen jähen Anschwellungen das Seinige dazu beigetragen, und es ist insofern ganz zutreffend,[1]) dass nicht nur die vertikal nach unten gerichtete Steilerosion, sondern auch Kräfte von entgegengesetzter Richtung mitgewirkt haben. So sind Pyramidennester, die den Lauf eines Flusses begleiten, sehr häufig auch Zeugen kräftiger Aktion der lateralen Erosion.[2]) Damit ist nun wohl die Frage nicht beantwortet, weshalb doch nicht immer dann, wenn eine locker gefügte Wand, die stetig bespült und unterwaschen wird, vorteilhafte Vorbedingungen darzubieten scheint, die Auflösung des Abhanges in ein Aggregat von Erdpfeilern erfolgt.[3]) Neben dem einen Faktor, der uns

---

Dörfchen Stilfs, zwischen Prad und Gomagoi. Namentlich bei diesen letztgenannten Pyramiden, die sich dem zum Stilfserjoche Hinanschreitenden vortrefflich von verschiedenen Seiten darstellen, zeigt sich recht augenfällig die Zusammengehörigkeit je einer aus der nämlichen Schuttmauer hervorgegangenen Serie. Ein gutes aussereuropäisches Beispiel liefern die südamerikanischen Erdsäulen, welche Mosbach (Streifzüge in den bolivianischen Anden, Globus, 72. Band, S. 26) abbildet, und die eine so reguläre Anordnung bekunden, als habe man es mit den Ruinen teilweise eingestürzter Portiken zu thun. Auch für die grossartigen Wälder von Erdpyramiden, die in dem kleinasiatischen Reisewerke von R. Oberhummer und H. Zimmerer (Durch Syrien und Kleinasien, Berlin 1899, S. 120 ff.) beschrieben und abgebildet sind, dürfte ein gleiches gelten.

[1]) Dass auch solche Kräfte in Thätigkeit treten können, bemerkte Pechuel-Loesche (Westafrikanische Laterite, Ausland, 57. Band, S. 401 ff.).

[2]) Wie kräftig die morphologische Leistung der seitlichen Ausnagung eines nicht ruhig, sondern häufig in wilden Paroxysmen dahinflutenden Wassers werden kann, beweist u. a. der Trümmerwall, der südlich von München auf eine ziemliche Entfernung hin das linksseitige Ufer der Isar begleitet. Er wurde einlässlich gewürdigt von Penck (Morphol. d. Erdoberfl., 1. Band, S. 225; Die Alpen im Eiszeitalter, S. 60). Die früher weiter nach Osten reichende Steilwand ist infolge der unablässigen Unterspülungen des Flusses grossenteils zusammengebrochen.

[3]) Dass dies durchaus nicht immer eintritt, ist bekannt genug. Man

hier am meisten beschäftigte, weil über ihn noch nicht genug Klarheit besteht, wirkt eben doch noch gar mancher anderer mit.[1])

Damit verlassen wir einen Gegenstand, der, so gering er auch quantitativ das „Antlitz der Erde" beeinflusst, trotzdem in seiner Art des morphologischen Interesses sicherlich nicht entbehrt. Gerade der Umstand, dass in nächster Nähe der Flanke CD (Fig. 1) sich die Flanke DE hinzieht, die einen durchaus verschiedenen Anblick gewährt, gibt uns den Anlass, auf die Probe das Exempel zu machen. Wie weiter oben dargelegt ward, ist die Beschaffenheit des Schotters nunmehr eine andere geworden; derselbe ist der Hauptsache nach ein weit festeres, breccienartiges Konglomerat, dessen einzelne Stücke oft eine ganz respektable Grösse erreichen. Erdpyramiden gibt es auch hier, aber nur spärlich, und ihr Aussehen ist ein anderes — wenn man so sagen will, minder elegantes. Da nicht anzunehmen ist, dass die Erosion und Denudation für DE irgendwie anders als für CD gewirkt haben könnten, und da auch sonst die Verhältnisse sich gar nicht von einander unterscheiden, so kann einzig und allein die stoffliche Nichtüber-

---

denke z. B. nur an die vorhin erwähnte Innleite bei Wasserburg. Dieselbe ist von Runsen und Regenrinnen, wohin man blickt, arg durchfurcht, und einzelne Erdschneiden, die keck vorspringen, sehen gerade so aus, als müsste sich aus ihnen in Bälde eine gezackte Kammlinie entwickeln. Allein trotz des ungeheuren Zeitraumes, der dafür zur Verfügung stand, ist es nicht geschehen. So sieht man auch im Ratzelschen Werke (S. 543) den Granit der Seychellen bedeckt mit einer Fülle karrenartiger Regenrisse, aber die Zerlegung des Gesteines in selbständig aufragende Pyramiden, wie (s. o.) beim Montblanc, ist ausgeblieben.

[1]) Einflussreiche Momente, von deren Ineinandergreifen die Pyramidenbildung abhängt, sind vor allem die jahreszeitliche Verteilung der Niederschläge, auf welche Kittler und De Marchi mit Recht grosses Gewicht legen, ferner die Bestrahlung und Exposition der Schuttmasse, deren Färbung und petrographisch-geognostische Zusammensetzung. Diese ist dann wieder bestimmend für die chemische Konstitution der der Wasserwirkung ausgesetzten Materie; erstere sollte nach Philippson (Besprechung der Kittler'schen Schrift, Geogr. Zeitschr., 3. Band, S. 650) auch nicht ausser acht gelassen werden.

einstimmung beider Abhänge die Schuld an ihrem gegenwärtigen, ungleichartigen Ansehen tragen. Längs DE war die Konsistenz des Materiales eine weitaus stärkere, und es kam wohl zur Höhlenbildung in grossem Umfange, nicht aber zur Auswaschung und Fortspülung ganzer Gebirgsglieder. Jene Höhlen entstanden aber nicht da und dort nach einer launenhaften Willkür der Natur, sondern auch sie fügen sich einer gewissen Norm, wie man dies eben bei den geologischen Orgeln (s. o.) gewohnt ist.

Mit diesen Namen — auch Erdorgeln, Erdpfeifen, Naturbrunnen sind geläufige Bezeichnungen — belegt die terrestrische Morphologie seit Brongniart[1]) und Matthieu[2]) schmale Vertiefungen,[3]) die sich angenähert lotrecht durch eine selber steil abfallende Gesteinswand hindurchziehen und dieser letzteren das Aussehen einer Kannelierung aufprägen. Sehr häufig wird ein solcher hohler Halbzylinder durch einen Lettenzapfen ganz oder teilweise ausgefüllt, der sich aus dem Hangenden herabsenkte. In unserem Falle ist eine solche Lehmdecke nicht oder nicht mehr vorhanden, und infolge dessen fehlen auch die Lehmeinschlüsse. Im übrigen ähneln unsere Orgeln wesentlich denjenigen, die man aus der Umgegend Münchens kennt,[4]) obwohl es kaum statthaft wäre, ihr Vorhandensein zu einem Zeugnis für den glazialen Charakter der Ablagerungen, in denen sie sich zeigen, stempeln zu wollen. Denn darin hat

---

[1]) Brongniart, Essai sur la géographie minéralogique des environs de Paris, Paris 1811, S. 87 ff.

[2]) Matthieu, Note sur les orgues géologiques, Journal des Mines, 1813, S. 197 ff.

[3]) Das Wort „schmal" ist hier cum grano salis zu nehmen; es treten einfach gegenüber der namhaften Höhendimension die beiden anderen Abmessungen sehr zurück.

[4]) v. Ammon, Die Gegend von München, geologisch geschildert, München 1894, S. 116 ff.; Penck-Brückner, a. a. O., S. 60 ff. Die Höhe der Orgeln des sogenannten Dieffenbach-Steinbruches erreicht nach Penck 5—6 Meter. Die Wahrnehmung, „dass die hangende Nagelfluh sich in die breitesten Schlöte zapfenförmig wenige Dezimeter weit hinein erstreckt," lässt sich auch in unserem Falle machen.

Prestwich[1]) unbedingt recht, dass die Tagewasser in jeder nicht sehr widerstandsfähigen — oder besser, verschiedene Grade von Widerstandsfähigkeit aufweisenden — Gesteinsmasse solche Spuren ihres Eindringens zurücklassen können. Ob hier, am nordwestlichen Plateauabfalle des Ochsenbichls, wirklich blos die Niederschläge gewirkt haben, möchte allerdings in Zweifel zu ziehen sein. Wenn, wie wir glauben, die Zerstörungsarbeit, welche der Eisack weiter abwärts leistete, indem er die Schotter teilweise denudierte, ziemlich deutlich in die Erscheinung tritt, so wird man ihm auch bei der Ausführung jener vertikalen Hohlkehlen von DE eine gewisse Mitwirkung zuzuschreiben geneigt sein. Alles in allem: Die Orgeln sind wahrscheinlich durch eine kombinierte Wirkung der Erosion des atmosphärischen Wassers und der lateralen Erosion des strömenden Wassers ausgehöhlt worden. An eine Auswirbelung, wie etwa in manchen nordischen Kalk- und Gipsgebieten, zu denken, verbietet die Struktur der Röhren, da bei Evorsionsaushöhlungen eine ziemlich rasch von oben nach unten fortschreitende Verjüngung des Hohlraumes zu konstatieren ist.

Unsere Darlegung dürfte gezeigt haben, dass auf einer kleinen Strecke am mittleren Eisack, in unmittelbarster Nähe des Schienenweges und zweier belebter Landstrassen, ein weltabgeschiedenes Thal Gebilde birgt, deren Studium in verschiedenen Beziehungen die physikalische Geographie zu befruchten geeignet ist. Die Frage der Glazialablagerungen unter verschiedenen äusseren Bedingungen, und damit auch die Frage einer mehrfach sich wiederholenden Eiszeit steht an der Spitze; es folgt eine ganze Reihe von Erosions- und Denudationsphänomenen, die zusammenwirkten, um diesem merkwürdigen Fleckchen Erde den eigenartigen Charakter zu verleihen, der ihn auszeichnet. Selbst mitten in einem Gebiete, das seit Jahrzehnten eifriger Durchforschung unterzogen worden ist, hat

---

[1]) Prestwich, On the Origin of the Sand- and Gravel-Pipes, Quarterly Journal of the Geological Society, 11. Band, S. 64 ff.

Fig. 4.



Fig. 4.



Die Zwischenwand aber ist von den erosiven Agentien derart bearbeitet worden, dass, wovon Fig. 4 ein Bild zu liefern sucht, die Konturen eines Miniaturgebirges entstanden.[1]) Aussergewöhnlich kühne Zacken, Säulen, Pfeiler, Türme ragen in die Luft; hie und da wird ein höherer Turm von einer Anzahl kleinerer Türmchen umgeben, die sich wie Strebepfeiler an ihn anlehnen. Von den zahlreichen Erdstellen, welche dem Verf. unter dem gleichen Gesichtspunkte bekannt geworden sind, kann keine an malerischer Grossartigkeit den Vergleich mit der Gruppe K aushalten. Decksteine fehlen durchgängig; nur anscheinend ein einziges mal trägt ein kleinerer Erdpfeiler einen kleinen Rasenhut, ein Bruchstück des abgerutschten Plateaus.

Wer noch von der Unvollständigkeit der Lyell'schen Theorie,[2]) die noch immer durch die Lehrbücher geht, und an deren Grundgedanken auch nicht gerüttelt werden soll, überzeugt zu werden brauchte, der müsste sich an den Platz K begeben. Bekanntlich legt der berühmte Geologe, der sich ja

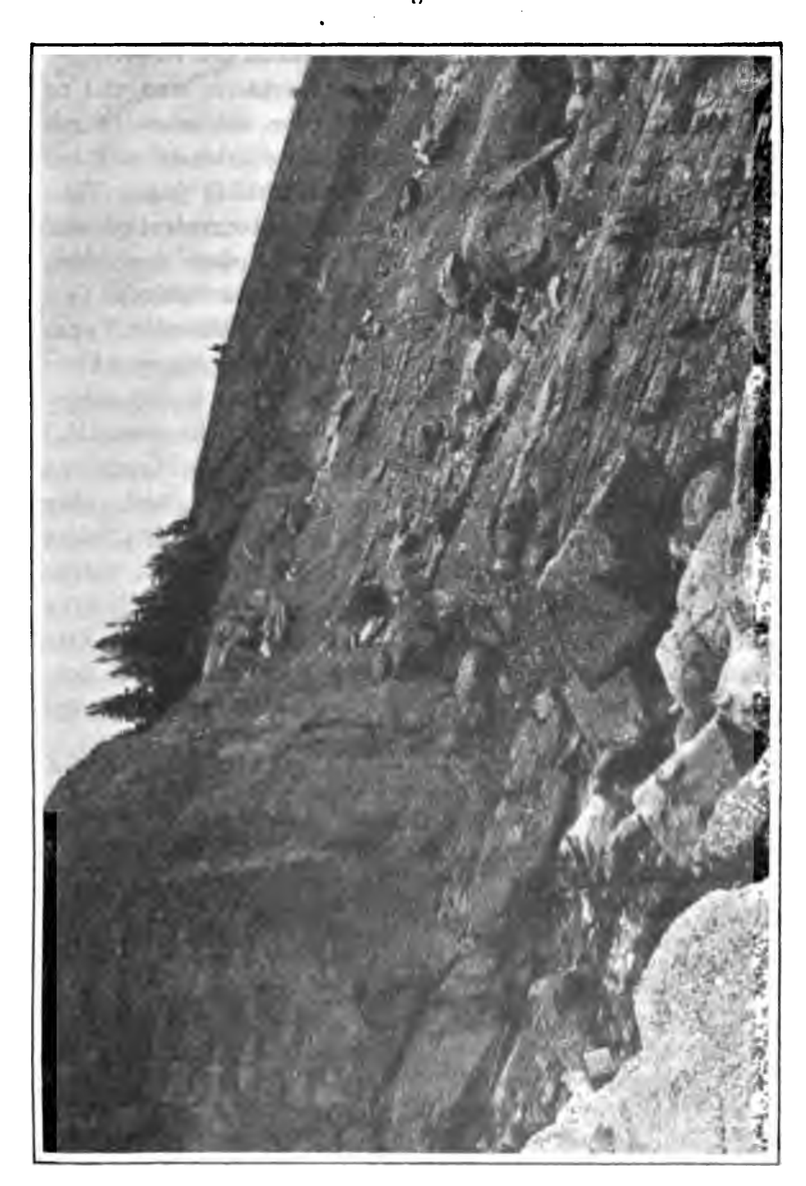
---

fluhbänke von den aus ihnen gleichsam herausgeschälten, abgerutschten Teilen trennt. Nicht anders sieht, natürlich abgesehen von den durch die Schotternatur bedingten Abweichungen, das Abrissgebiet der Erdpyramidenwand K aus.

[1]) Ratzel (Die Erde und das Leben, 1. Band, Leipzig-Wien 1901, S. 551) bemerkt hiezu: „An einer Stelle des linken Ufers der Plansee-Aache unterhalb der Stuibenfälle glaubt man auf ein Gebirgsrelief mit sehr scharfen Kämmen herabzuschauen.“ Dies trifft auch in anderen Fällen zu, unter denen eben der hier in Rede stehende nicht zuletzt kommt. Ein merkwürdiges Exemplar bringt De Marchi (Trattato di geografia fisica, Mailand etc. 1901, S. 242 ff.) zur Anschauung. Wäre man im ungewissen über den Massstab, in welchem die Zeichnung des kühn profilierten Erdobelisken, nächst der piemontesischen Stadt Brà, gehalten ist, so könnte man ebensowohl das Matterhorn wie eine gewöhnliche Lehmpyramide vor sich zu haben glauben. Die Aehnlichkeit der Umrissformen ist eine überraschende. Eigentümlicherweise rechnet De Marchi die Deckblöcke zu den notwendigen Requisiten der Pyramidenbildung, obwohl gerade die von ihm angeführten italienischen Belege sich dieser Angabe nicht unterordnen.

[2]) Lyell, Principles of Geology, 1. Band, London 1872, S. 329 ff.

Fig. 5.



Das Abrissgebiet des Bergsturzes von Goldau [1806].

terten liegenden, die nur sehr wenig Schottermaterial, und dieses in weit feiner verteiltem Zustande, enthalten. Fig. 2 sucht von dem hier angedeuteten Gegensatze eine ungefähre Vorstellung zu geben. Die Blöcke sind durchweg Granit und Gneiss und entstammen ersichtlich dem Urgebirge des oberen Eisack- und Wippthales; der sandige Lehm der Unterlage ist aus Gestein von derselben Beschaffenheit hervorgegangen, gehört aber unzweifelhaft einer älteren Epoche an. Die erwähnte Trennungsfläche lässt sich, wenn man einmal an der erwähnten, besonders dazu geeigneten Stelle ihre Eigenart kennen gelernt hat, auch noch anderwärts leicht herausfinden, so beispielsweise im Pusterthale zwischen Mühlbach und Schabs. Vor allem durchzieht sie auch die denudierten Abhänge des Ochsenbiehls, und hier begegnen wir auch einem Vorkommnis, welches besonders beachtenswert erscheint. Durch eine jener Erdpyramiden nämlich, mit denen wir uns gleich nachher zu beschäftigen haben werden, zieht sich der Trennungshorizont derart hindurch, dass ihre Spitze sich aus lauter kleinen, fest verkitteten Schottersteinen zusammensetzt, während der eigentliche Körper der Säule aus gleichmässigem Verwitterungsstoffe von Massengesteinen besteht.[1]) Es wird wahrscheinlich nicht viele zusammenhängende Bezirke in Moränenlandschaften[2]) geben, welche die Trennungsfläche zwischen Ablagerungen verschiedener zeitlicher Entstehungen so präzis auf immerhin weitere Entfernung zu verfolgen gestatten, wie dies hier der Fall ist.

Dass alle diese Ablagerungen den glazialen Typus an sich tragen, kann vonvornherein nicht zweifelhaft sein. Insbesondere

---

[1]) Es ist dies vielleicht der einzige bekannte Fall heterogener Zusammensetzung eines Erdpfeilers. Man nimmt diese Gebilde gewöhnlich als aus einer ganz gleichförmigen Zersetzungsmasse gebildet an. Jene Bänderung, die allerdings da und dort beobachtet wird, ist mit der hier in betracht kommenden Zugehörigkeit zu zwei ganz verschiedenen Schichtfolgen keineswegs identisch.

[2]) Dieses Wort gebrauchen wir in dem erweiterten Sinne, den ihm A. v. Boehm (Geschichte der Moränenkunde, Wien 1902, S. 124) unterlegt.

weisen einzelne der von der oberen Schicht umschlossenen Blöcke prächtige Schliffe auf. Weit schwieriger ist es selbstverständlich, die beiden Depositen mit solchen zu identifizieren, welche man in anderen, weit entfernten Gegenden genau gegliedert und zur Grundlage einer zunächst eben doch dem örtlichen Auftreten angepassten Nomenklatur gemacht hat. Dafür, dass eine Gliederung auch für die südlich vom Brenner auftretenden Glazialgebilde möglich ist, hat vor längerer Zeit bereits Penck[1]) den Nachweis erbracht, indem er wenigstens für die Seitenmoräne des grossen Gletschers, der damals von der anders gelegenen Wasserscheide[2]) des Uralpenzuges sich herabsenkte, feststellte, dass sie dem letzten Eiszeitstadium angehört haben müsse. Die genauen chronologischen Parallelen zwischen den an den Höhen A und B wahrnehmbaren Formationen und denen, die den Nordrand der Alpen einsäumen, wird man heute noch nicht ziehen können; verbürgt ist anscheinend nur das, dass die beiden Ablagerungen, die der mehrerwähnte Trennungshorizont zu unterscheiden gestattet, zwei verschiedenen Uebereisungsperioden zuzurechnen sind. Die obere Schichtenreihe dürfte mutmasslich als fluvioglazial anzusprechen sein, weil eben in ihr vielfach eine so regelrechte Schichtung der derberen Einschlüsse zu tage tritt, wie sie nur von fliessendem Wasser bewirkt zu werden pflegt. Die glaziale Schrammung und Schleifung der Gesteinstrümmer mag über dieselben zu einer Zeit ergangen sein, als sie sich noch in ihrer ursprünglichen Verbindung mit dem anstehenden Fels befanden. Alles in allem weisen die äusseren Kennzeichen auf den Niederterrassenschotter[3]) des bayerischen Alpen-

---

[1]) Penck, Der Brenner, Zeitschr. d. deutschen u. österr. Alpenver., 18. Band, S. 11.

[2]) Was Penck nach dem damaligen Befunde nur ahnen konnte, hat F. Kerner v. Marilaun (Die Verschiebungen der Wasserscheiden im Wippthale während der Eiszeit, Sitzungsber. d. k. k. Akademie d. Wissensch. zu Wien, Math.-Naturw. Kl., 1. Dezember 1891) mit neuen Argumenten erhärtet.

[3]) Nach der neuerdings von Penck gewählten und in dem jüngsten

vorlandes hin, der, rein morphographisch betrachtet, eine ganz analoge Beschaffenheit besitzt.

Was dieser Nebeneinanderstellung noch eine gewisse Stütze verleiht, ist die Thatsache, dass an einzelnen Stellen dieser Terrassenschotter sich in höchst eigenartiger Weise mit einer ganz unregelmässig gelagerten Schicht durchdringt, die unserem Deckenschotter zum mindesten ausserordentlich ähnlich ist. Da und dort begegnet man Konglomeraten, die von der nordalpinen Nagelfluh kaum zu trennen sind; ein Irrblock dieser Art liegt z. B. hart an dem Wege, der von der Brixener Vorstadt Stufls nach Neustift führt. Ganz besonders bezeichnend sind ferner die Zustände am nördlichen Ende der Ochsenbichl-Terrasse. Wie aus Fig. 1 zu ersehen, schmiegt sich diese letztere ganz und gar dem gewundenen Laufe des Flusses an, so dass zwischen ihr und dem Eisack nur ein ganz schmaler Ufersaum übrig blieb. Da, wo dieser sich südlich etwas erweitert, liegen die beiden Einöden „Ober-“ und „Unter-Pauckner“, und von hier an, von C bis D, besitzt die glaziale Flanke der Höhe B (s. o.) den uns bekannten Charakter. Dieser verliert sich von D an nach und nach, und gegen E hin machen sich mehr und mehr grobe, durch ein lössartiges Bindemittel zementierte Blöcke geltend, die eben unwillkürlich den Eindruck des Deckenschotters hervorrufen. Indessen wäre es gewagt, bestimmt von einem solchen zu sprechen, solange nicht auch anderswo das Vorkommen solcher Gebilde, und zwar unter dem vermeintlichen Niederterrassenschotter,[1]) zuverlässig ermittelt ist.

Werke konsequent zur Anwendung gebrachten Bezeichnungsweise läge das System W (Würm) vor.

[1]) Trotzdem von hause aus der Deckenschotter unter der Hochterrasse liegt, die ihrerseits wieder die Niederterrasse unterteuft, bringt es doch die Flusserosion mit sich, dass man in der Nähe des vom Flusse gebildeten Einschnittes den Deckenschotter in höheren Horizonten als die später abgesetzten Schotter antrifft (Penck-Brückner-Du Pasquier, Le système glaciaire des Alpes, Neuchatel 1894). Wie eigentümlich hie und da eine Grundmoräne sich in die Niederterrasse hineinzuschieben vermag, beweist die Bänderung der Innleite bei Wasserburg in Ober-

Dieser letztere ruht also, wie wir sahen, der Regel nach auf einer mutmasslich ziemlich mächtigen Schicht, die gar nichts mit Nagelfluh zu thun hat. Man möchte wohl geneigt sein, in ihr eine echte Moräne und zwar, angesichts der feinen Aufbereitung ihres Materiales, eine Grundmoräne zu erblicken. Andererseits will auch jene Anschauung, auf welche Blaas (s. o.) anspielt, beachtet sein. An und für sich hindert nichts, sich den Sachverhalt in der Weise zurechtzulegen, dass von Osten her ein gewaltiger Gletscher den Ausgang des Eisackthales versperrt und die nach Süden abfliessenden Gewässer aufgestaut habe; wenn dann der Eisackgletscher in den so entstandenen See hineinrückte, konnten seine Moränen sehr wohl jene Konfiguration annehmen, welche die untere Schicht erwähntermassen auszeichnet. Auf ein Zusammenwirken flüssigen und gefrorenen Wassers wird man somit bei der Erklärung der Glazialdepositen nördlich von Brixen unter allen Umständen Bedacht nehmen müssen, indem nur bei den oben aufliegenden Schottermassen der fluvioglaziale, bei den fast homogenen Straten der tieferen Horizonte mehr der im engeren Sinne glaziale Ursprung zu betonen wäre. Als ein weiterer Faktor könnte auch noch die Gestalt der Höhe A eine gewisse Rolle spielen, welche unverkennbar die eines Drumlins ist. „Die Drumlins sind", so lesen wir in der massgebenden Darstellung,[1]) „gestreckt und schwarmförmig in der Richtung der Eisbewegung angeordnet; in der Mittellinie der alten Gletscherzunge stehen sie daher senkrecht zur Richtung der Endmoränen, an den Flanken laufen sie unter

---

bayern, auf welche von Penck (Penck-Brückner, S. 131 ff.) als auf eine seltenere Modalität der Verknüpfung von Schotter und Moränen, die zumeist eine „Verzahnung" oder „Verkeilung" zu sein pflegt, hingewiesen worden ist.

[1]) Penck-Brückner, a. a. O., S. 16. Als Ort der Drumlins, wie der verschiedenen Gattungen glazialer Absätze werden hier die „Zungenbecken" definiert, ringsum geschlossene, tiefe Wannen, häufig von Seen erfüllt. Die Merkmale eines solchen Beckens treffen teilweise für die hier behandelte Thalung zu, welcher der Fluss freilich eine Oeffnung nach abwärts verschaffte.

spitzem Winkel auf letztere zu". Dass ein normaler Endmoränenwall heutzutage nicht mehr existiert, kann mit Rücksicht auf die zerstörenden Wirkungen, welche die verbundenen Flüsse Eisack und Rienz bei ihren häufigen Ueberschwemmungen ausgeübt haben, nicht befremden; im übrigen dagegen ordnet sich die Höhe A völlig der Penck'schen Begriffsbestimmung unter. Die verlängerte Achse der einer langgestreckten Ellipse im Horizontalprofile vergleichbaren Erhebung mochte einstens gerade mit der Mittellinie der Stirnmoränen zusammenfallen.[1])

Soviel über die hypothetische Entstehung der Schottermassen, welche den Abhang des Ochsenbichls bilden. Wir gehen jetzt zu den merkwürdigen Oberflächenformen über, welche diesem abgelegenen und — wie es wenigstens den Anschein hat — noch nirgendwo beschriebenen Erdenwinkel[2]) auch unter dem landschaftlichen Gesichtspunkte ein ganz eigenartiges, pittoreskes Gepräge verleihen. Auf der Strecke C D (Fig. 1), deren Richtung eine angenähert meridionale ist, hat sich eine formenreiche Kolonie von Erdpyramiden angesiedelt; die Steilwand D E hingegen, welche unter stumpfem Winkel von C D abgeht, zeigt sich durchsetzt von gigantischen geologischen Orgeln. Es ist bekannt genug, dass diese beiden Gruppen von Naturerscheinungen auf Erosion und Denudation

---

[1]) Auch die Beschreibung, welche Nansen (Auf Schneeschuhen durch Grönland, 2. Band, Hamburg 1897, S. 451 ff.) von den Drumlins gibt, passt sich vollständig unserem Falle an. Sie überdecken die Grundmoränen, und da erwähntermassen die glazialen Unterschichten der Höhe A von uns mit einer Grundmoräne identifiziert worden sind, so würde auch dieses Kennzeichen zutreffen.

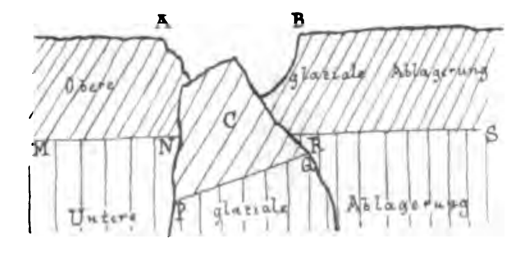
[2]) Unmittelbar führt keine Chaussée dorthin, und eine genauere Bekanntschaft mit der Oertlichkeit lässt sich lediglich durch eine etwas anstrengende Wanderung erreichen. Einen Ueberblick gewährt freilich schon ein Punkt, der von der Reichsstrasse Brixen-Pusterthal nur wenige Schritte entfernt ist, den aber eben nur der Eingeweihte sofort findet. Gleichwohl kann man auch vom Eisenbahnwagen aus, bald nachdem man auf der Pusterthalbahn die Militärhaltestelle Franzensfeste verlassen hat, aus einer Entfernung von 2 km die kühnen Formen deutlich genug beobachten. Auch von Vahrn aus kann dies geschehen.

zurückzuführen sind; sehr belehrend sind aber im vorliegenden Falle die lokalen Verhältnisse, welche mehr als sonst eine tiefere Einsicht in den Hergang zu gewinnen erlauben. Fürs erste soll den Erdpfeilern, deren Beschränkung auf einen völlig abgeschlossenen Raum[1]) jedermann auffallen muss, eine eingehendere Betrachtung zu teil werden.

Obwohl es Erdpyramiden und Bodenprotuberanzen, deren Herauspräparierung aus einer zuvor ziemlich gleichmässig ver-

[1]) Auch gegenüber von CD (Fig. 1), bei F, scheint beim ersten Beschauen eine Erdpyramide sich abgelöst zu haben; sieht man aber näher zu, so überzeugt man sich, dass das losgetrennte Erdstück nicht durch eine von oben nach unten, sondern durch eine von unten nach oben wirkende Kraftwirkung des Zusammenhanges mit dem Hauptkörper beraubt worden ist. Die Bewaldung des Abhanges ist der Ermittlung des Sachverhaltes wenig günstig, allein die uns bekannte, auch an dieser Stelle hervortretende Trennungslinie hilft aus der Verlegenheit. Von A bis B (Fig. 3a) klafft eine halbkreisförmige Unterbrechung in dem fast lotrecht abstürzenden Schotterwalle, und gerade vor ihr erhebt sich aus Bäumen der vorbezeichnete Obelisk C, der sich, als die Unterwaschung durch die Eisackfluten ihn abtrennte, zugleich nach Süden drehte, so dass nunmehr der fragliche Horizont den Verlauf MNPQRS erkennen lässt, indem das Stück PQ flussaufwärts ansteigt. Der Bildungsakt ist völlig derselbe wie bei den südrussischen Obruiven (Küstenabrutschungen), mit denen uns Kohl (Reisen in Südrussland, 2. Band, Dresden 1841, S. 63 ff.) bekannt gemacht hat. Das strömende Wasser grub sich, gerade so wie es am Steilrande der pontischen Steppe die Wellen des Schwarzen Meeres thun, in die Basis des Abhanges ein und lockerte dessen Konsistenz so lange, bis eine Höhle entstanden war; deren Decke brach ein,

Fig. 3a.



teilten Masse leicht angreifbaren und zerstörbaren Stoffes sich in einer wesentlich ähnlichen Weise erklären lässt,[1]) allenthalben

---

und das darüber stehende Erdprisma sackte nach, so dass jene zirkusartige Ausbuchtung entstand (Fig. 3b). Es liegt folglich ebenfalls ein erosiver Vorgang in mitte, aber derselbe ist, wie bemerkt, grundverschieden von demjenigen, dem die Ausgestaltung des gegenüberliegenden Abhanges der Höhe B auf Rechnung zu setzen ist.

[1]) Es ist nicht ohne Interesse, alle die turmartigen Oberflächengebilde zusammenfassend zu behandeln, von denen in der physischen Erdkunde gesprochen wird. Abgesehen von den durch direkten Aufbau entstandenen Stalagmiten, von den denudatorisch blosgelegten, aber doch längst zuvor vorhanden gewesenen Batholithen und unwesentlichen anderen Gelegenheitsbildungen kann man stets das gleiche Grundprinzip konstatieren: Die Erosion greift modellierend in eine vorher ziemlich einförmige, tiefer gehender Diffe-

Fig. 3b.



auf der Erde gibt, so kann man trotzdem den Satz aufstellen: Tirol ist das klassische Land der Erdpyramiden. Die

---

rentierung entbehrende Masse ein. Dieselbe kann aus festem Gestein, aus lockeren Stoffen oder aus Eis bestehen — was aus ihr unter dem stetig wirkenden Einflusse auch ganz schwacher Kräfte wird, ermangelt nicht gewisser gemeinsamer Familienzüge, die sich beim Beschauen der entsprechenden Landschaftsbilder ungezwungen dem Auge einprägen. Bilderwerke, in denen die wichtigsten Oberflächenformen anschaulich zusammengestellt sind, können nach dieser Seite hin der Forschung wirklichen Vorschub leisten; dahin gehört vorzugsweise das monumentale Werk von Robin (La terre; ses aspects, sa structure, son évolution, Paris 1902). Nur in gedrängter Kürze seien die wichtigsten Modalitäten hier aufgeführt. In die erste Gruppe gehören säulenartige Felsbildungen des Cañons von Colorado; die „Aiguilles" des Montblancgebietes, welche dessen Südseite, gegen Courmajeur, als in ein schon von Saussure bewundertes Meer spitz ansteigender Protoginpyramiden aufgelöst erscheinen lassen (Petersen, Erinnerungen an den Col du Géant, Z. d. d. u. öst. Alpenver., 17. Band, S. 357); die kretazischen Felszerklüftungen des Mittelgebirges (Labyrinthe von Adersbach und Weckelsdorf, Sächsische Schweiz, Wittower Klint auf Rügen mit geradezu überraschenden Anklängen an die Erdpyramiden, „Rochers de Vallière" im Departement Charente Inférieure); dolomitische Nadelbildungen (Südtirol, Fränkische Schweiz, Umgebung von Montpellier, „Nadel" im krainischen Sannthale); die durch Deflation erzeugten Restberge („Zeugen" in den afrikanischen und asiatischen Wüsten, „Mesas" im südlichen Nordamerika, „Teufelstisch" bei St. Mihiel an der Maas, „Monument-Park in Colorado); Brandungsresiduen am Meeresgestade („Needle-Rock" in New-Jersey, „Demoiselle de Fontenailles" im Departement Calvados, „Aiguille d'Étretat" im Departement Seine Inférieure, „Mönch" auf Helgoland). Die zweite Formenklasse bietet uns im folgenden Stoff zu besonderer Erörterung. Was endlich die dritte anlangt, so ziehen zwei Erscheinungen unsere Aufmerksamkeit auf sich, die der Séracs und des Büsserschnees, über deren gegenseitige Beziehungen noch keine volle Klarheit geschaffen ist. Wenn man mit Sieger (Die Karstformen der Gletscher, Geogr. Zeitschr., 1. Band, S. 182 ff.) die Mannigfaltigkeit der Gebilde, welche durch Insolation, Ablation und Zusammensturz an der Oberfläche eines Gletschers hervorgebracht werden können, mit derjenigen verkarsteter Kalkgebirge vergleicht, wird man sich dem Gefühle nicht zu entziehen vermögen, dass das einigende Band, welches sogar Eis und Stein verknüpft, auch im Bereiche des festen Wassers allein diese seine Kraft bethätigen werde. Hauthals Entdeckung (Gletscherbildung aus der argentinischen Cordillere, Globus, 67. Band, S. 37 ff.), dass Säulen aus „Nieve penitente"

erste Erwähnung derselben im wissenschaftlichen Schrifttum[1]) datiert von einem Tiroler, dem Innsbrucker Mathematiker F. Zallinger, der auf sie anlässlich der Besprechung der Muhrbrüche hingewiesen hat.[2]) Es dauerte längere Zeit, bis

---

sich auch mit wirklichen Gletschern zusammenfinden, spricht freilich einigermassen gegen die von Brackebusch (Die Penitentesfelder der argentinischen Kordilleren, Globus, 63. Band, S. 1 ff.) vertretene Anschauung, der zufolge diese Eispilaster als ein unmittelbares Seitenstück zu den Erdpyramiden zu gelten hätten.

[1]) Unser ganzes Wissen von der Sache, wie es vor einigen Jahren beschaffen war, kennzeichnet sehr übersichtlich eine Schrift von C. Kittler (Ueber die geographische Verbreitung und Natur der Erdpyramiden, München 1897; M. Geogr. Studien, herausgeg. von S. Günther, 3. Stück). Einige Ergänzungen zu den hierin niedergelegten Angaben über das Vorkommen dieser „Lehmtürme", wie man in Tirol sagt, werden weiter unten gegeben werden.

[2]) F. S. Zallinger zum Thurn, Von den Ueberschwemmungen in Tirol, Innsbruck 1779, S. 63 ff. Wenn wir die betreffende Stelle wörtlich wiedergeben, erreichen wir zugleich, dass Zallinger als der eigentliche Begründer der Lyell'schen Theorie, von der nachher die Rede sein wird, hervortritt. „Was das Regenwasser in einem lockeren Boden vermag, zeigen auch jene Säulen und Pyramiden, die ich nicht weit von Unterinn und Lengmoos niemals ohne Vergnügen ansah. Sie stehen fast senkrecht; bei einigen gehen aus dem nämlichen Stamme zwei oder drei hervor; die meisten ziehen sich oben in eine Spitze zusammen und, was recht wunderlich scheint, ist die Spitze bei allen mit einem grossen Steine bedeckt. Als ich, die Sache genauer zu beobachten, hinzutrat, fand ich augenscheinlich, dass die Pyramiden nur von dem Regen entstehen können; denn dieser spült nach und nach die lockere rote Erde an der Seite herum so ab, dass nur jene Stücke noch übrig blieben, die wider den Regen noch von jenen Steinen sind geschützt worden, so man itzt auf jenen Spitzen beobachtet." Was Lyell zur Erklärung beibringt, ist nur eine Umschreibung des hier kurz und bündig skizzierten Grundgedankens: Zallinger möchte die Priorität des Hinweises auf solch ungewöhnliche Bodenformen einem Buche von Mitterpacher (Kurzgefasste Naturgeschichte der Erdkugel, Wien 1774, S. 43 ff.) zuerteilen. Bei näherem Zusehen muss man es jedoch mindestens als sehr zweifelhaft erachten, ob jene Säulen, die Bouguer in den Cordilleren, Pontoppidan in Norwegen, Gmelin in Sibirien gesehen zu haben angeben, wirkliche Erdpyramiden und nicht vielmehr Denudationsfiguren anderer Art waren.

zu den stets in erster Linie genannten Erdpfeilern am Bozener Ritten, deren die älteren Schriften ausschliesslich gedenken,[1]) auch andere Gebilde von verwandtem Charakter hinzukamen. Nur eine einzige Erwähnung, und zwar aus dem Gebiete der Westalpen, ist fast gleichaltrig, steht jedoch ganz isoliert da.[2]) Jedenfalls wird man, sobald von Erdpyramiden die Rede ist, sofort an Tirol denken, und diesem Lande werden am zweckmässigsten etwaige Typen zu entnehmen sein, nach denen sich eine Klassifikation derartiger Bodenformen bewerkstelligen lässt. Eine solche anzuregen, wäre schon längst am Platze gewesen, um, wenn es sich um die Schilderung irgend eines konkreten Vorkommens handelt, sich in der oft abenteuerlichen Formenfülle leichter zurechtzufinden. Der nachstehende Vorschlag will nur als ein solches Hilfsmittel bequemer Orientierung betrachtet werden; er sieht von allen eigentlich morphologischen Erwägungen ab und hält sich ausschliesslich an äusserlich in die Augen fallende, rein morphographische Momente. Als Südtiroler Typus bezeichnen wir den von einem Felsblock, einem Rasenstücke oder einem Baume gekrönten Obelisk;[3]) das Wort Nordtiroler Typus ist von den besonders schönen, jedem Brennerfahrer wohlbekannten Spitzsäulen bei Patsch herge-

---

[1]) Die gesamte hierher gehörige Litteratur berücksichtigen ausser Kittler auch noch nach Möglichkeit Penck (Die Morphologie der Erdoberfläche, 1. Band, Stuttgart 1894, S. 234 ff.) und der Verf. (Handbuch der Geophysik, 2. Band, Stuttgart 1899, S. 885 ff.). Einige Nachträge hinwiederum sind in gegenwärtiger Abhandlung enthalten.

[2]) Saussure, Voyages dans les Alpes, 8. Band, Neuchatel 1796, S. 11 ff.; er spricht da von den „monticules de formes souvent coniques" im Kanton Wallis.

[3]) Trotz dieser gemeinschaftlichen Eigenschaft können selbst innerhalb eines und desselben Formenbereiches noch die schärfsten Gegensätze platzgreifen; man vergleiche beispielsweise die eleganten, himmelanstrebenden Obelisken vom Ritten mit den täuschend einem grossen Pilze gleichenden Zwergformen des Jenesien-Berges bei Bozen, die ihrerseits wieder in allen Stücken erinnern an die von F. Simony (Das Dachsteingebiet, 1. Band, Wien 1889, S. 107; Tafel XCII) beschriebenen „Hutpilze" aus Breccienmaterial.

nommen; der Osttiroler Typus endlich soll gewisse scharfschneidig auslaufende, aber auf langgestreckter Basis sich erhebende Denudationsreste in sich begreifen.[1]) Wenn wir uns dieser Sammelnamen bedienen, so können wir mit Bezug auf die Erdsäulenkolonie des mittleren Eisackthales als deren hervorstechendste Eigenschaft die hinstellen, dass in ihr alle drei Typen, wenn auch durchaus nicht gleichmässig, vertreten sind.

Auf die Entfernung eines starken Kilometers ist der ganze Steilhang C D (Fig. 1) des Schabser Plateaus (Höhe B) zerfasert in ein Aggregat von Erdsäulen, die im denkbarst abwechselungsreichen Bilde aus ziemlich dichtem Walde emporragen.[2]) Abgesehen von kleineren, da und dort eingestreuten Exemplaren sind es wesentlich drei in sich geschlossene Familien, die den Beschauer fesseln. In dem Photogramme (Fig. 4) ist das ganze Gebiet, dessen Schilderung hier gegeben wird, zur Anschauung gebracht worden. Die drei zusammengehörigen Gruppen lassen sich darin, wenn man von rechts gegen links fortschreitet, unschwer erkennen. Die Photographien wurden dem Verf. in allen Fällen von seinen Söhnen geliefert. Bei den beiden ersten — von Süden aus gezählt G und H in Fig. 1 — ist der Auflösungsprozess bereits weiter fortge-

---

[1]) Rabl, Die Erdpyramiden von Goednach-Goertschach, Der österreichische Tourist, 1884, S. 149 ff. Diese sonderbaren Gebilde sind nicht aus diluvialem Schotter, sondern aus tertiären Konglomeraten herausgearbeitet, was wohl zum teile die Verschiedenheit der Sachlage begreiflich macht. Wahrscheinlich ist aber gleichwohl die Abweichung nur eine scheinbare, indem nämlich bei stetigem Fortschreiten der Erosionsarbeit die Erdpyramiden vom Osttiroler Typus in solche der beiden anderen Typen zerlegt werden würden.

[2]) Die Basisfläche der Pyramiden ist so zerrissen und das Unterholz so dicht, dass sich Versuche, die Höhe der einzelnen Objekte, vielleicht nach dem für Bäume von Stützer (Die grössten, ältesten oder sonst merkwürdigen Bäume Bayerns in Wort und Bild, München 1900, S. 16 ff.) erprobten photogrammetrischen Verfahren, bestimmen zu wollen, von selbst verbieten. Der Schätzung zufolge darf man jedoch einzelne dieser Säulen den höchsten bisher in Europa bekannten zurechnen; die eigentlichen Riesen beherbergt Nordamerika, wie in anderen Fällen auch.

schritten, so dass die einzelnen Aufragungen fast ganz isoliert erscheinen und nur noch in ganz geringer Höhe über dem Boden mit einander verbunden sind. Fig. 4 (rechts) gibt einige markante Erscheinungen wieder; es herrscht hier hauptsächlich der Südtiroler Typus vor, doch ist auch derjenige Osttirols nicht unvertreten.

Weitaus am fesselndsten gestaltet sich in landschaftlicher, wie in wissenschaftlich-geographischer Hinsicht die dritte Kolonie (K in Fig. 1); sie gewährt uns eine vortreffliche Gelegenheit, die Bildung der Erdpyramiden genetisch zu verfolgen. Durch Erdrutsche, als deren Ursache hier, wie am jenseitigen Ufer, die Unterspülung durch den über seine gewöhnlichen Grenzen getretenen Eisack anzusehen ist, wurden zu beiden Seiten der schmalen Wand, welche an diesem Orte allein von der glazialen Schottermasse stehen blieb, sehr ansehnliche Bestandteile dieser letzteren fortgeschafft, so dass die Abrissstellen in ihrer ganzen Eigenart erkennbar sind.[1])

---

[1]) Bezeichnend ist für die Abrisszirken die vollkommene Glätte der Wandungen, und auch da ist es einerlei, ob aus einer festen, aus einer lockeren oder aus einer Eis-Masse sich der halbzylindrisch begrenzte Rutschkörper losgelöst hat, dessen Trümmer den unteren Teil der Rutschbahn, die angrenzende Thalsohle und die sogenannte „Spritzzone" — nach A. Heim — bedecken. Vielfach sieht sich dieser Hohlraum so an, als wäre das fehlende Stück geradezu mit dem Messer herausgeschnitten worden. Sehr belehrend sind nach dieser Seite hin die Photogramme, welche A. Heim (Die Gletscherlawine an der Altels, Zürich 1895) und L. Du Pasquier (L'Avalanche de l'11 septembre 1895, Neuchatel 1896) von dem Eisabbruche des Altelsgletschers mitgeteilt haben. Die Abbildungen der Ursprungsstellen von Erdschlipfen und Bergstürzen sind bis jetzt wenig zahlreich. So gibt es von dem tragischen Ereignis, welches am 2. September 1806 das Gelände zwischen Zuger- und Lowerzer-See betraf, zwar eine für jene Zeit vortreffliche und auch der kartographischen Beigaben nicht entbehrende Monographie (Zay, Goldau und seine Gegend, Zürich 1807), aber die interessante Abrissstelle scheint auch später nicht viel beachtet worden zu sein, und es mag sich deshalb empfehlen, ein photographisches Originalbild (Fig. 5) hier einzufügen, aus dem sofort erhellt, dass eine glatt verlaufende Vertikalfläche die stehen gebliebenen Teile der den Rossberg bei Goldau bildenden Nagel-

Allgemeinen bei jenen bluthaltigen Gefässen, welche grosse Mengen von Blutzellen enthalten. Aber diese Erklärung reicht für die angeführte Beobachtung nicht aus, denn jene Stränge des Hinterendes der Gefässzone, welche notorisch am längsten solid bleiben, sind gar nicht die mächtigsten. Die stärksten Anlagen befinden sich, ebenso wie weiter vorn, so auch im Caudaltheil der Area vasculosa stets mehr an derem peripheren Rand dicht neben der Randvenenanlage. Die von Popoff abgebildeten undurchgängigen Gefässanlagen hingegen liegen hauptsächlich im inneren Theil der Area, gegen ihre Ursprungsstätte, den Primitivstreifen, zu und stellen dementsprechend auch verhältnissmässig dünne Stränge und Zellen vor. Es ist daher anzunehmen, dass sie deshalb eine solide Beschaffenheit zeigen, weil sie später aus dem Mesoblast sich herausdifferenzirt haben. So führt uns auch diese Beobachtung zu der Anschauung, dass der hintere Theil des Primitivstreifens ein Proliferationsgebiet für Blutanlagen darstellt, und dass seine produktive Thätigkeit noch andauert, nachdem solche Anlagen in der Area vasculosa schon erschienen sind.

Eine Entscheidung darüber, ob der Caudaltheil des Primitivstreifens als Bildungsstätte für den grösseren Theil, wie ich vermuthen möchte, oder eventuell sogar für die Gesammtheit der Blutanlagen der Area opaca, dem übrigen Primitivstreifen gegenüber eine Sonderstellung einnimmt, können nur Experimente liefern, wie solche namentlich von Kopsch[1]) in neuerer Zeit mit Erfolg angestellt worden sind. Ich habe hierbei speciell den Versuch im Auge, bei welchem an einer 12 Stunden alten Keimscheibe ein vom hinteren Ende des Primitivstreifens ausgehender sichelförmiger Streif[2]) auf der linken Seite durch Ansetzen der

---

[1]) Kopsch, Experimentelle Untersuchungen am Primitivstreifen des Hühnchens und an Scyllium-Embryonen. Verh. der Anat. Ges. Kiel 1889. Derselbe, Ueber die Bedeutung des Primitivstreifens beim Hühnerembryo. Leipzig 1902.

[2]) Diese Sichel, die nach den Abbildungen von Kopsch an der Grenze der Area opaca zu liegen scheint, stimmt am meisten mit dem von Koller dargestellten Gebilde überein. Ich bin ihr an den von mir

Elektrode in seiner Entwicklung gehemmt wurde. Das Resultat war bei Abtödtung der 60 Stunden alten Keimscheibe: keine wesentliche Schädigung des Embryo, aber Fehlen des linken Stammes der Dottersackarterie und Einziehung des hinteren Abschnittes des Gefässhofes gegen die Operationsstelle hin, durch welch' letztere die Vena terminalis unterbrochen ist. Die Operation lehrt, wie Kopsch hervorhebt, dass die Sichel bei Embryonen von 12 Stunden keine Anlagen für den Embryo, sondern ausschliesslich solche für den Gefässhof enthält. Speciell müsse der Vorderrand derselben die Anlage der Dottersackarterie, ihr Hinterrand eine Strecke der Randvene enthalten. Das sind nun beide blutleer sich anlegende Gefässe (vergl. über die Randvene weiter unten). Wie sich aber die Blutanlagen verhalten, ob sie in der linken Hälfte der Area vasculosa ganz ausgefallen sind, oder ob dies nur im hinteren Theil derselben der Fall war oder ob sie daselbst vielleicht nur schwächer entwickelt waren, ist nicht angegeben, offenbar deshalb nicht, weil in dem Stadium von 60 Stunden das Blut schon verflüssigt und in Circulation war, wenn anders der Embryo in dieser Hinsicht normal entwickelt gewesen.

Drei weitere Embryonen, die auf etwas älterer Entwicklungsstufe nämlich mit 24 und $16^1/_2$ Stunden am hinteren Ende des Primitivstreifens von Kopsch operirt worden sind, wurden nach 48 und 40 Stunden konservirt also in einem Stadium, in welchem noch „Blutinseln" vorhanden waren. Der Gefässhof ist nach der Angabe von Kopsch bei zweien derselben (Embryo IV und VI) dem Stadium des Embryos entsprechend ausgebildet, bei dem 3ten (Embryo V) in der Ausbreitung „etwas" zurückgeblieben. Die in Fig. 14 l. c. abgebildeten Blutanlagen dieses Gefässhofes scheinen mir für das Stadium schwach und wenig weit nach vorne reichend. Im Ganzen sind aber,

---

untersuchten jungen Stadien bis jetzt nicht begegnet und weiss daher nicht, in welcher Beziehung sie zu der von mir in etwas älteren Keimscheiben gesehenen, oft sichelförmigen Verbreiterung des Primitivstreifenendes steht, ob sie eine jüngere Entwicklungsstufe der letzteren ist oder nicht.

Die Zwischenwand aber ist von den erosiven Agentien derart bearbeitet worden, dass, wovon Fig. 4 ein Bild zu liefern sucht, die Konturen eines Miniaturgebirges entstanden.[1]) Aussergewöhnlich kühne Zacken, Säulen, Pfeiler, Türme ragen in die Luft; hie und da wird ein höherer Turm von einer Anzahl kleinerer Türmchen umgeben, die sich wie Strebepfeiler an ihn anlehnen. Von den zahlreichen Erdstellen, welche dem Verf. unter dem gleichen Gesichtspunkte bekannt geworden sind, kann keine an malerischer Grossartigkeit den Vergleich mit der Gruppe K aushalten. Decksteine fehlen durchgängig; nur anscheinend ein einziges mal trägt ein kleinerer Erdpfeiler einen kleinen Rasenhut, ein Bruchstück des abgerutschten Plateaus.

Wer noch von der Unvollständigkeit der Lyell'schen Theorie,[2]) die noch immer durch die Lehrbücher geht, und an deren Grundgedanken auch nicht gerüttelt werden soll, überzeugt zu werden brauchte, der müsste sich an den Platz K begeben. Bekanntlich legt der berühmte Geologe, der sich ja

---

fluhbänke von den aus ihnen gleichsam herausgeschälten, abgerutschten Teilen trennt. Nicht anders sieht, natürlich abgesehen von den durch die Schotternatur bedingten Abweichungen, das Abrissgebiet der Erdpyramidenwand K aus.

[1]) Ratzel (Die Erde und das Leben, 1. Band, Leipzig-Wien 1901, S. 551) bemerkt hiezu: „An einer Stelle des linken Ufers der Plansee-Aache unterhalb der Stuibenfälle glaubt man auf ein Gebirgsrelief mit sehr scharfen Kämmen herabzuschauen.“ Dies trifft auch in anderen Fällen zu, unter denen eben der hier in Rede stehende nicht zuletzt kommt. Ein merkwürdiges Exemplar bringt De Marchi (Trattato di geografia fisica, Mailand etc. 1901, S. 242 ff.) zur Anschauung. Wäre man im ungewissen über den Massstab, in welchem die Zeichnung des kühn profilierten Erdobelisken, nächst der piemontesischen Stadt Brà, gehalten ist, so könnte man ebensowohl das Matterhorn wie eine gewöhnliche Lehmpyramide vor sich zu haben glauben. Die Aehnlichkeit der Umrissformen ist eine überraschende. Eigentümlicherweise rechnet De Marchi die Deckblöcke zu den notwendigen Requisiten der Pyramidenbildung, obwohl gerade die von ihm angeführten italienischen Belege sich dieser Angabe nicht unterordnen.

[2]) Lyell, Principles of Geology, 1. Band, London 1872, S. 329 ff.

Die von mir an den beschriebenen älteren und an einigen jüngeren Hühnerkeimscheiben gemachten Beobachtungen sprechen eher zu Gunsten der letzteren Auffassung.

Wenn ich im Vorstehenden die mesoblastische Abkunft der Gefässanschwellungen vertreten habe, kann ich deshalb doch van der Stricht,[1]) dessen Standpunkt der gleiche ist, nicht zustimmen, wenn er sagt (l. c. p. 212) „ces ilôts sont toujours nettement distincts du rempart vitellin sous-jacent". Ich finde im Gegentheil die Gefässanlagen in der Area opaca oft dem Keimwall innig anliegend, sich in ihn einsenkend und förmlich einbohrend, so dass man stellenweise nicht im Stande ist, eine scharfe Grenze zwischen ihren Zellen und denen des Keimwalls zu ziehen. Solche Gefässanlagen machen den Eindruck, als ob sie zum Keimwall gehörten. Aber andererseits habe ich beim Hühnchen doch nie Bilder gesehen, welche in unzweideutiger Weise eine Entstehung von Blutzellen aus dem Keimwall zeigen. Ich kann daher nicht behaupten, dass beim Huhn das mesoblastische Blutmaterial sich auf dem Dotter durch Hinzutreten entoblastischer Elemente ergänze, wie ich[2]) dies früher für Selachier angegeben. Trotzdem kann ich jene vorübergehende Verbindung weder für ein Artefakt noch für etwas Zufälliges halten, um so weniger als sie sich in noch ausgesprochenerer Weise bei den Selachiern findet. Ich darf hier mittheilen, dass sie nach den Untersuchungen von Herrn Kollegen Mollier auch bei den Amphibien vorhanden ist. Sie stellt also auch mit Rücksicht auf ihr verbreitetes Vorkommen eine auffallende Erscheinung dar, über die man nicht ohne Weiteres hinweggehen kann. Kann sie nicht durch die

---

[1]) van der Stricht, Nouvelles recherches sur la génèse des globules rouges et des globules blancs du sang. Arch. de Biologie T. XII, 1892.

[2]) Rückert, Ueber die Anlage des mittleren Keimblattes und die erste Blutbildung bei Torpedo. Anat. Anz. II, 1887.

um die richtige Bewertung der der Wasserwirkung bei der Gestaltung des Erdbildes zuzuteilenden Rolle unvergängliche Verdienste erworben hat, den Steineinschlüssen der verwitterten Masse, aus der sich die Erdpyramiden absondern, eine viel zu hohe Bedeutung bei. Es war Ratzel, der sich zuerst[1]) mit Entschiedenheit gegen diese Ueberschätzung erklärte und betonte, dass, wie er sich neuerdings ausdrückt, in jedem Felsblocke allerdings ein Element zugleich der Konzentration und des Schutzes gegeben sei,[2]) dass aber auch ohne diese doch recht oft fehlenden Zugaben die Bildung ihren ruhigen Verlauf nehmen könne. In der That ist ja der Südtiroler Typus nicht entfernt die Norm. Man könnte z. B. in unserem Falle sehr wohl fragen, weshalb dieser Typus so gar wenig ausgeprägt sei, da es doch an Blockeinschlüssen nicht mangelt.[3]) Weit wichtiger noch ist eine andere Frage, deren Wesen von Ratzel gleichfalls berührt wird, auf deren Tragweite aber noch mehr von Kittler[4]) aufmerksam gemacht wurde. Schon früher hatte sich der Verf. von der Notwendigkeit durchdringen lassen, dass, ehe das Regenwasser die Modellierung der einzelnen Protuberanzen in angriff nimmt, ihm die Zerklüftung der ganzen Masse bis zu einem gewissen Grade vorgearbeitet haben muss. In Kürze lässt sich das Prinzip, auf

---

[1]) Ratzel, Ueber die Entstehung der Erdpyramiden, Jahresber. d. Geogr. Gesellsch. zu München, 1884, S. 77 ff.

[2]) Es wird (Die Erde und das Leben, S. 556 ff.) daran erinnert, dass es an minder steil geböschten Abhängen auch liegende Erdpyramiden gibt, an denen der Beruf der Steinkrönung, wenn dieser Ausdruck gestattet ist, sehr deutlich hervortrete. Unter allen Umständen begünstigen die Blöcke das Eindringen des Wassers in grössere Tiefe und damit auch die Abtrennung von der Hauptmasse.

[3]) Die Mehrzahl der Pyramiden besteht, wie oben bereits festgestellt ward, aus feinem Moränenlehm und kommt demnach ohnehin für Decksteine nicht in betracht. Einige freilich ragen auch über den Schotterhorizont empor, allein die Blöcke sind durchweg nicht gross und noch dazu sehr glatt vom Wassertransporte, so dass sie auch nicht besonders dazu geeignet waren, auf einer schmalen Unterlage dauernd liegen zu bleiben.

[4]) Kittler, a. a. O., S. 45.

welches es hauptsächlich ankommt, folgendermassen formulieren: Jene Detailarbeit, als deren Ergebnis die Herausbildung der einzelnen Erdpyramiden zu betrachten ist, beginnt erst dann energisch einzusetzen, wenn der Schutt-, Lehm- oder Lösskörper, der einstweilen noch als kompakt vorausgesetzt wird, irgendwie in langgestreckte Kämme von sehr geringer Breite zerfällt worden war. Ehe es soweit gekommen ist, entstehen Aushöhlungen, Regenrinnen und allenfalls embryonale, fast ganz mit der Hinterwand verwachsene Auszackungen, nicht aber selbständige Pyramiden und Obelisken.

Massgebend ist mithin für diese letztere eine lineare Anordnung. Da, wo die Anzahl der Einzelgebilde eine verwirrend grosse ist, scheint sich ja eine solche nicht nachweisen zu lassen, indem man zuerst blos ein Durcheinander wahllos neben einander gestellter Aufragungen wahrzunehmen glaubt. Richtet man aber das Augenmerk konsequent auf ein noch so kraus angeordnetes Aggregat, also gleich auf die berühmten Rittengebilde im Thale des oberen Finsterbaches, so findet man allgemach Reihen von schlanken Säulen heraus, die aus einer gemeinsamen Basismauer, dem Reste jenes früheren Kammes, förmlich herausgewachsen sind.[1]) Bei aufmerksamer Durchmusterung guter Abbildungen kann man feststellen, dass ein einzelnes Individuum stets eine Reihe anderer Individuen verdeckt. Auf diese Eigentümlichkeit muss besonderer Nachdruck gelegt werden; sie liefert den Schlüssel für das Verständnis der Bildungsgeschichte, und es würde nicht schwer halten, durch eingehende Prüfung einer grösseren Menge von bekannteren Vorkommnissen jenen Satz, der übrigens auch für sich selbst spricht, erfahrungsgemäss zu belegen.[2]) Die Art und

---

[1]) Weiter unterhalb, gegen Atzwang zu, gelingt die Beobachtung leichter, weil dort nur einzelne Reihen zierlicher, minder hoher Säulchen stehen, über deren jeweiligen Zusammenhang schon der blosse Anblick vergewissert.

[2]) Von alpinen Plätzen, die minder bekannt sind, seien besonders erwähnt Berghalden bei Bolladore im oberen Veltlin und bei dem

Weise, wie sich die Kämme bilden, braucht keine einheitliche zu sein. In dem uns beschäftigenden Falle hat gewiss der unten vorbeifliessende Gebirgsstrom mit seinen jähen Anschwellungen das Seinige dazu beigetragen, und es ist insofern ganz zutreffend,[1] dass nicht nur die vertikal nach unten gerichtete Steilerosion, sondern auch Kräfte von entgegengesetzter Richtung mitgewirkt haben. So sind Pyramidennester, die den Lauf eines Flusses begleiten, sehr häufig auch Zeugen kräftiger Aktion der lateralen Erosion.[2] Damit ist nun wohl die Frage nicht beantwortet, weshalb doch nicht immer dann, wenn eine locker gefügte Wand, die stetig bespült und unterwaschen wird, vorteilhafte Vorbedingungen darzubieten scheint, die Auflösung des Abhanges in ein Aggregat von Erdpfeilern erfolgt.[3] Neben dem einen Faktor, der uns

Dörfchen Stilfs, zwischen Prad und Gomagoi. Namentlich bei diesen letztgenannten Pyramiden, die sich dem zum Stilfserjoche Hinanschreitenden vortrefflich von verschiedenen Seiten darstellen, zeigt sich recht augenfällig die Zusammengehörigkeit je einer aus der nämlichen Schuttmauer hervorgegangenen Serie. Ein gutes aussereuropäisches Beispiel liefern die südamerikanischen Erdsäulen, welche Mosbach (Streifzüge in den bolivianischen Anden, Globus, 72. Band, S. 26) abbildet, und die eine so reguläre Anordnung bekunden, als habe man es mit den Ruinen teilweise eingestürzter Portiken zu thun. Auch für die grossartigen Wälder von Erdpyramiden, die in dem kleinasiatischen Reisewerke von R. Oberhummer und H. Zimmerer (Durch Syrien und Kleinasien, Berlin 1899, S. 120 ff.) beschrieben und abgebildet sind, dürfte ein gleiches gelten.

[1]) Dass auch solche Kräfte in Thätigkeit treten können, bemerkte Pechuel-Loesche (Westafrikanische Laterite, Ausland, 57. Band, S. 401 ff.).

[2]) Wie kräftig die morphologische Leistung der seitlichen Ausnagung eines nicht ruhig, sondern häufig in wilden Paroxysmen dahinflutenden Wassers werden kann, beweist u. a. der Trümmerwall, der südlich von München auf eine ziemliche Entfernung hin das linksseitige Ufer der Isar begleitet. Er wurde einlässlich gewürdigt von Penck (Morphol. d. Erdoberfl., 1. Band, S. 225; Die Alpen im Eiszeitalter, S. 60). Die früher weiter nach Osten reichende Steilwand ist infolge der unablässigen Unterspülungen des Flusses grossenteils zusammengebrochen.

[3]) Dass dies durchaus nicht immer eintritt, ist bekannt genug. Man

hier am meisten beschäftigte, weil über ihn noch nicht genug Klarheit besteht, wirkt eben doch noch gar mancher anderer mit.[1])

Damit verlassen wir einen Gegenstand, der, so gering er auch quantitativ das „Antlitz der Erde" beeinflusst, trotzdem in seiner Art des morphologischen Interesses sicherlich nicht entbehrt. Gerade der Umstand, dass in nächster Nähe der Flanke CD (Fig. 1) sich die Flanke DE hinzieht, die einen durchaus verschiedenen Anblick gewährt, gibt uns den Anlass, auf die Probe das Exempel zu machen. Wie weiter oben dargelegt ward, ist die Beschaffenheit des Schotters nunmehr eine andere geworden; derselbe ist der Hauptsache nach ein weit festeres, breccienartiges Konglomerat, dessen einzelne Stücke oft eine ganz respektable Grösse erreichen. Erdpyramiden gibt es auch hier, aber nur spärlich, und ihr Aussehen ist ein anderes — wenn man so sagen will, minder elegantes. Da nicht anzunehmen ist, dass die Erosion und Denudation für DE irgendwie anders als für CD gewirkt haben könnten, und da auch sonst die Verhältnisse sich gar nicht von einander unterscheiden, so kann einzig und allein die stoffliche Nichtüber-

---

denke z. B. nur an die vorhin erwähnte Innleite bei Wasserburg. Dieselbe ist von Runsen und Regenrinnen, wohin man blickt, arg durchfurcht, und einzelne Erdschneiden, die keck vorspringen, sehen gerade so aus, als müsste sich aus ihnen in Bälde eine gezackte Kammlinie entwickeln. Allein trotz des ungeheuren Zeitraumes, der dafür zur Verfügung stand, ist es nicht geschehen. So sieht man auch im Ratzelschen Werke (S. 543) den Granit der Seychellen bedeckt mit einer Fülle karrenartiger Regenrisse, aber die Zerlegung des Gesteines in selbständig aufragende Pyramiden, wie (s. o.) beim Montblanc, ist ausgeblieben.

[1]) Einflussreiche Momente, von deren Ineinandergreifen die Pyramidenbildung abhängt, sind vor allem die jahreszeitliche Verteilung der Niederschläge, auf welche Kittler und De Marchi mit Recht grosses Gewicht legen, ferner die Bestrahlung und Exposition der Schuttmasse, deren Färbung und petrographisch-geognostische Zusammensetzung. Diese ist dann wieder bestimmend für die chemische Konstitution der der Wasserwirkung ausgesetzten Materie; erstere sollte nach Philippson (Besprechung der Kittler'schen Schrift, Geogr. Zeitschr., 3. Band, S. 650) auch nicht ausser acht gelassen werden.

einstimmung beider Abhänge die Schuld an ihrem gegenwärtigen, ungleichartigen Ansehen tragen. Längs DE war die Konsistenz des Materiales eine weitaus stärkere, und es kam wohl zur Höhlenbildung in grossem Umfange, nicht aber zur Auswaschung und Fortspülung ganzer Gebirgsglieder. Jene Höhlen entstanden aber nicht da und dort nach einer launenhaften Willkür der Natur, sondern auch sie fügen sich einer gewissen Norm, wie man dies eben bei den geologischen Orgeln (s. o.) gewohnt ist.

Mit diesen Namen — auch Erdorgeln, Erdpfeifen, Naturbrunnen sind geläufige Bezeichnungen — belegt die terrestrische Morphologie seit Brongniart[1]) und Matthieu[2]) schmale Vertiefungen,[3]) die sich angenähert lotrecht durch eine selber steil abfallende Gesteinswand hindurchziehen und dieser letzteren das Aussehen einer Kannelierung aufprägen. Sehr häufig wird ein solcher hohler Halbzylinder durch einen Lettenzapfen ganz oder teilweise ausgefüllt, der sich aus dem Hangenden herabsenkte. In unserem Falle ist eine solche Lehmdecke nicht oder nicht mehr vorhanden, und infolge dessen fehlen auch die Lehmeinschlüsse. Im übrigen ähneln unsere Orgeln wesentlich denjenigen, die man aus der Umgegend Münchens kennt,[4]) obwohl es kaum statthaft wäre, ihr Vorhandensein zu einem Zeugnis für den glazialen Charakter der Ablagerungen, in denen sie sich zeigen, stempeln zu wollen. Denn darin hat

---

[1]) Brongniart, Essai sur la géographie minéralogique des environs de Paris, Paris 1811, S. 87 ff.

[2]) Matthieu, Note sur les orgues géologiques, Journal des Mines, 1813, S. 197 ff.

[3]) Das Wort „schmal“ ist hier cum grano salis zu nehmen; es treten einfach gegenüber der namhaften Höhendimension die beiden anderen Abmessungen sehr zurück.

[4]) v. Ammon, Die Gegend von München, geologisch geschildert, München 1894, S. 116 ff.; Penck-Brückner, a. a. O., S. 60 ff. Die Höhe der Orgeln des sogenannten Dieffenbach-Steinbruches erreicht nach Penck 5—6 Meter. Die Wahrnehmung, „dass die hangende Nagelfluh sich in die breitesten Schlöte zapfenförmig wenige Dezimeter weit hinein erstreckt,“ lässt sich auch in unserem Falle machen.

Prestwich[1]) unbedingt recht, dass die Tagewasser in jeder nicht sehr widerstandsfähigen — oder besser, verschiedene Grade von Widerstandsfähigkeit aufweisenden — Gesteinsmasse solche Spuren ihres Eindringens zurücklassen können. Ob hier, am nordwestlichen Plateauabfalle des Ochsenbichls, wirklich blos die Niederschläge gewirkt haben, möchte allerdings in Zweifel zu ziehen sein. Wenn, wie wir glauben, die Zerstörungsarbeit, welche der Eisack weiter abwärts leistete, indem er die Schotter teilweise denudierte, ziemlich deutlich in die Erscheinung tritt, so wird man ihm auch bei der Ausführung jener vertikalen Hohlkehlen von DE eine gewisse Mitwirkung zuzuschreiben geneigt sein. Alles in allem: Die Orgeln sind wahrscheinlich durch eine kombinierte Wirkung der Erosion des atmosphärischen Wassers und der lateralen Erosion des strömenden Wassers ausgehöhlt worden. An eine Auswirbelung, wie etwa in manchen nordischen Kalk- und Gipsgebieten, zu denken, verbietet die Struktur der Röhren, da bei Evorsionsaushöhlungen eine ziemlich rasch von oben nach unten fortschreitende Verjüngung des Hohlraumes zu konstatieren ist.

Unsere Darlegung dürfte gezeigt haben, dass auf einer kleinen Strecke am mittleren Eisack, in unmittelbarster Nähe des Schienenweges und zweier belebter Landstrassen, ein weltabgeschiedenes Thal Gebilde birgt, deren Studium in verschiedenen Beziehungen die physikalische Geographie zu befruchten geeignet ist. Die Frage der Glazialablagerungen unter verschiedenen äusseren Bedingungen, und damit auch die Frage einer mehrfach sich wiederholenden Eiszeit steht an der Spitze; es folgt eine ganze Reihe von Erosions- und Denudationsphänomenen, die zusammenwirkten, um diesem merkwürdigen Fleckchen Erde den eigenartigen Charakter zu verleihen, der ihn auszeichnet. Selbst mitten in einem Gebiete, das seit Jahrzehnten eifriger Durchforschung unterzogen worden ist, hat

[1]) Prestwich, On the Origin of the Sand- and Gravel-Pipes, Quarterly Journal of the Geological Society, 11. Band, S. 64 ff.

sich oft hie und da ein kleiner Bezirk der näheren Kenntnisnahme entzogen; ein Beweis dafür, dass die Gelegenheit zu lohnenden Studien nicht blos beim Bereisen entlegener Länder, sondern auch noch im Bereiche der Heimatgrenzen dem danach Suchenden sich reichlich genug eröffnet.[1])

---

[1]) Nachträglich wurde dem Verf. noch eine Bemerkung bekannt, die sich an einem Orte befindet, an dem man sie nicht suchen würde, die aber auffallend richtig, direkt aus der Beobachtung heraus, das Hauptmoment betont, auf welches es bei der Entstehung der Erdpyramiden ankommt. Wir meinen einen touristischen Aufsatz von A. Ludwig (Drei Wochen im Clubgebiet, Jahrb. d. Schweizer Alpenclubs, 27. Jahrgang, S. 16 ff.). „Diese Griestürme kann man immer da antreffen, wo sich zwischen zwei benachbarten Rutschgebieten eine schmale Mittelwand vorfindet. Dieselbe ist vielleicht zuerst fast horizontal oder schwach geneigt; durch Ursachen verschiedener Art, z. B. durch Bildung kleiner Seitenrinnen, wird der stehen gebliebene Mittelgrat geschartet; der Einschnitt wird immer grösser und tiefer, bis der Turm isoliert dasteht.“ Diese in den Bergen des Prätigaus gemachte Wahrnehmung gestattet die weitest gehende Generalisierung.

Ueber die Abstammung der bluthaltigen Gefässanlagen beim Huhn und über die Entstehung des Randsinus beim Huhn und bei Torpedo.

Von J. Rückert.

(Eingelaufen 29. Januar.)

(Mit Tafel VIII.)

Bei der Bearbeitung der ersten Entwicklung des Gefässsystems, die ich mit Herrn Kollegen Mollier für das neue Handbuch der Entwicklungsgeschichte von O. Hertwig ausführe, habe ich unter Anderem auch über die Gefäss- und Blutbildung in der Area vasculosa des Hühnchens eigene Untersuchungen angestellt, von denen ich hier Einiges mittheilen will. Was zunächst die viel ventilirte Frage nach der Abstammung dieser Anlagen anlangt, so bin ich trotz der augenscheinlichen, später zu besprechenden Beziehungen, welche dieselben mit dem unterliegenden Entoblast eingehen, zu der schon von Remak und Kölliker vertretenen Ansicht gelangt, dass ihr Zellenmaterial aus dem mittleren Keimblatt stammt. Diese Abkunft ist leichter an jenen zellenreichen Gefässanlagen festzustellen, welche ausser der Gefässwand zugleich Blutzellen liefern und von den neueren Autoren deshalb gewöhnlich „Blutinseln" genannt werden. Ich bezeichne sie, da dieser Name historisch nicht gerechtfertigt ist, im Folgenden als „Gefässanschwellungen". Sie sind bekanntlich vornehmlich in der hinteren Hälfte der Gefässzone entwickelt, besonders stark in derem Randtheil, und nehmen nach vorne an Stärke und Zahl ab, so dass sie im vorderen Abschnitt der Area gegen-

über den zellenarmen Anlagen der blutleeren Gefässe ganz in den Hintergrund treten. Von diesen Gefässanschwellungen lassen sich wiederum diejenigen am besten genetisch verfolgen, welche im hintersten Theil der Area vasculosa, also in der Umgebung des caudalen Primitivstreifenendes liegen, denn man findet sie hier vielfach ganz im Innern des daselbst dickeren und mehrschichtigeren Mesoblast eingeschlossen. In ihrem Bau unterscheiden sie sich vor allem durch die sehr dichte, lückenlose Aneinanderfügung ihrer Zellen von dem umgebenden lockerer und eher mesenchymatös gebauten Mesoblast.

Indess lässt ihr Vorkommen im Innern des Mesoblast noch keinen Schluss auf ihre Abstammung von diesem Keimblatt zu, wenigstens werden die Anhänger der rein entoblastischen Abstammung der Gefässe den Einwand machen, dass sich die Anschwellungen vom Keimwall abgelöst haben und nachträglich in das Mittelblatt eingedrungen seien. Deshalb möchte ich auf die geschilderte Lage der Anschwellungen an sich weniger Werth legen als vielmehr auf den Umstand, dass man auch die Vorstufen derselben im Mesoblast findet in Form von geringgradiger verdichteten Stellen. Ein Theil dieser Zellengruppen steht hinsichtlich seines Gefüges dem umgebenden Mesoblast so nahe, dass man schwankt, ob man sie überhaupt als besondere Bildungen innerhalb dieses Blattes betrachten soll, andere wieder nähern sich in ihrer Struktur den charakteristischen Anschwellungen soweit, dass man sie unbedenklich als Vorläufer derselben bezeichnen wird. Die geschilderten Gefässanlagen sind im Bereich des das Primitivstreifenende umgebenden Mesoblastes im Allgemeinen derartig vertheilt, dass die Anfangsstadien derselben weiter nach innen gegen den Primitivstreifen zu liegen, sich also in einem Mesoblastmaterial befinden, das seinem Ursprung aus dem Primitivstreifen nach als jüngeres bezeichnet werden darf.

Auch die Flächenbilder gut gefärbter Keimscheiben lassen ein bisher nicht beachtetes Verhalten erkennen, welches auf die Abstammung der caudalen Gefässanlagen aus dem hinteren Ende des Primitivstreifens hinweist. Von der Zeit ab, in

welcher die ersten Gefässanschwellungen im Flächenbild sichtbar werden, als färbbare Streifen und Flecken im Caudaltheil der Area opaca, bemerkt man, dass schwächer gefärbte Stränge von dem verbreiterten Primitivstreifenende durch den Caudaltheil der Area pellucida zu ihnen hin verlaufen. An den einzelnen Keimscheiben ist dies Verhalten ein sehr wechselndes: manchmal kaum kenntlich sind diese Züge an anderen Keimscheiben wieder so deutlich, dass es den Anschein gewinnt, als ob die Gefässanlagen aus dem hinteren Ende des Primitivstreifen hervorsprossten. Das Letztere finde ich namentlich dann, wenn in den betreffenden Stadien der Primitivstreif caudal in die Area opaca hineinragt, eine Anordnung, die ab und zu angetroffen wird. Fig. 1 der beigegebenen Tafel zeigt dies Verhalten an einer Keimscheibe, in welcher schon die Medullarplatten des Kopfes sichtbar sind und die Gefässanschwellungen in der hinteren Hälfte der Area opaca bereits sehr deutlich im Flächenbild hervortreten.

An manchen Keimscheiben zieht sich das verbreiterte Caudalende des Primitivstreifens zu einer Platte von Sichelform aus. Schon Kupffer hat diese „Sichel" am Blastoderm des Huhns und namentlich des Sperlings beobachtet und sie mit der von ihm entdeckten Reptiliensichel homologisirt. Wie von einem solchen sichelförmigen Felde aus die Mesoblaststränge zu dem Gefässnetz der Area opaca hinziehen, zeigt Fig. 2 von einem noch etwas älteren Blastoderm mit bereits abgegrenztem ersten Urwirbelpaar. Die Peripherie der dreieckigen Platte ist hier völlig in jene Züge aufgelöst, daher denn auch ihre Sichelform nicht ganz so scharf hervortritt, wie an einzelnen anderen Keimscheiben.

Das besprochene Verhalten ermöglicht vielleicht einen Anschluss an die Blutbildung bei Reptilien. Bekanntlich leitet Mehnert[1]) die Gefässe der Area vasculosa bei Emys lut.

---

[1]) Mehnert, Ueber Ursprung und Entwicklung des Hämovasalgewebes (Gefässhofsichel) bei Emys lutaria taurica und Struthio camelus. Morphol. Arbeiten VI.

taurica von der Sichel ab, die nach seiner Schilderung bei diesem Objekt zu einem ausgedehnten, die Embryonalanlage weit nach vorn zu umfassenden Wulste anschwillt und sich sodann in das Gefässnetz der Area vasculosa umbildet. Er homologisirt diese „Sichel" geradezu mit der gesammten ebenfalls sichelförmigen Area vasculosa des Vogels. Ich war nicht in der Lage, die Gefässbildung der Schildkröte selbst zu untersuchen und kann daher zu dieser Angabe des leider kürzlich verstorbenen Forschers nur schwer Stellung nehmen. Es will mir aber fast scheinen, als ob seine Sichel auf dem Höhestadium ihrer Entwicklung (l. c. Taf. I Fig. 4) gegenüber den sonst bekannten Reptiliensicheln auffallend gross und weit nach vorn reichend sei. Aber auch wenn sich bei Nachuntersuchung herausstellen sollte, dass dieser Wulst nicht mehr als Sichel im Sinne Kupffers bezeichnet werden darf, sondern dass nur jene jüngere Anlage, wie sie in Fig. 2 l. c. abgebildet ist, diesen Namen verdient, so wäre doch damit Mehnert's Grundanschauung von der gefässbildenden Eigenschaft der Reptiliensichel nicht erschüttert, denn es ist nach seiner Darstellung doch zum mindesten wahrscheinlich, dass die Kupffersche Sichel Material für die Gefässe der Area vasculosa liefert. Die von mir beim Huhn gemachten Beobachtungen würden zu dieser Auffassung sehr gut stimmen.

Die von dem verdickten Caudalende des Primitivstreifens ausgehenden Mesoblaststränge der Hühnerkeimscheibe sind noch in verhältnissmässig späten Stadien, bei 15 und 20 Urwirbeln, sichtbar in Form von intensiver färbbaren und schärfer umschriebenen Streifen, die sich nun als ausgebildete Gefässanlagen des hintersten Abschnittes der Area pellucida erweisen.

Die angeführten Beobachtungen weisen darauf hin, dass zur Zeit der Ausbreitung der Gefässanschwellungen in der Area opaca aus dem caudalen verbreiterten Ende des Primitivstreifens Mesoblastzüge sich ablösen oder hervorsprossen, die in radiärer Richtung den hinteren Theil der Area pellucida durchsetzend in die Area opaca gelangen und sich daselbst in Gefässanschwellungen umwandeln. Reste dieser Stränge bleiben

in der Nähe ihres Mutterbodens, nämlich im caudalen Abschnitt der Area pellucida erhalten und bilden sich hier in loco zu Gefässen um.

Wie gross der Antheil ist, welchen das Hinterende des Primitivstreifens an der Entstehung der Gesammtheit der bluthaltigen Gefässe, gegenüber etwaigen vom übrigen Primitivstreifen abstammenden Gefässanlagen, nimmt, entzieht sich vorerst der Abschätzung. Aber es spricht Manches dafür, dass es ein zum Mindesten nicht unerheblicher Bruchtheil ist. So mag hier daran erinnert werden, dass die Blutanlagen gerade in jenem Abschnitt der Gefässzone, welcher das hintere Primitivstreifenende umgiebt, zur mächtigsten Entwicklung gelangen, während sie von da in der Richtung nach vorn zu allmählich an Stärke abnehmen. Ferner, dass sie zeitlich im hinteren Abschnitt der Gefässzone zuerst auftreten, um von da nach vorn zu sich auszubreiten. Auch soll hier auf die schon von früheren Forschern hervorgehobene Thatsache hingewiesen werden, dass in späteren Stadien, wenn die Gefässe der Area vasculosa schon längst gehöhlt sind, nur ein in der Umgebung des Primitivstreifenendes gelegener Theil derselben hiervon eine Ausnahme macht. An den injicirten Keimscheiben des schönen Popoff'schen[1]) Atlas (l. c. Fig. 1—3 und Fig. 5) sind diese undurchgängig gebliebenen Züge des Gefässnetzes gut zu übersehen. Sie stellen, wie sich auch an jedem uninjicirten Blastoderm leicht ermitteln lässt, solide d. h. in der Entwicklung zurückgebliebene Gefässanlagen dar. Man könnte diese Thatsache zunächst damit zu erklären versuchen, dass man sagt: die Anschwellungen differenziren sich in der Umgebung des hinteren Primitivstreifenendes nur deshalb später, weil sie daselbst zellenreicher sind als sonstwo. Kann man sich doch bei Untersuchung der Gefässentwicklung allerorts davon überzeugen, dass zellenarme Anlagen sich schneller höhlen als zellenreichere. Die wenigste Zeit erfordert der Vorgang bei den blutleeren, die längste im

---

[1]) Popoff, Die Dottersackgefässe des Huhnes. Wiesbaden 1894.

Allgemeinen bei jenen bluthaltigen Gefässen, welche grosse Mengen von Blutzellen enthalten. Aber diese Erklärung reicht für die angeführte Beobachtung nicht aus, denn jene Stränge des Hinterendes der Gefässzone, welche notorisch am längsten solid bleiben, sind gar nicht die mächtigsten. Die stärksten Anlagen befinden sich, ebenso wie weiter vorn, so auch im Caudaltheil der Area vasculosa stets mehr an derem peripheren Rand dicht neben der Randvenenanlage. Die von Popoff abgebildeten undurchgängigen Gefässanlagen hingegen liegen hauptsächlich im inneren Theil der Area, gegen ihre Ursprungsstätte, den Primitivstreifen, zu und stellen dementsprechend auch verhältnissmässig dünne Stränge und Zellen vor. Es ist daher anzunehmen, dass sie deshalb eine solide Beschaffenheit zeigen, weil sie später aus dem Mesoblast sich herausdifferenzirt haben. So führt uns auch diese Beobachtung zu der Anschauung, dass der hintere Theil des Primitivstreifens ein Proliferationsgebiet für Blutanlagen darstellt, und dass seine produktive Thätigkeit noch andauert, nachdem solche Anlagen in der Area vasculosa schon erschienen sind.

Eine Entscheidung darüber, ob der Caudaltheil des Primitivstreifens als Bildungsstätte für den grösseren Theil, wie ich vermuthen möchte, oder eventuell sogar für die Gesammtheit der Blutanlagen der Area opaca, dem übrigen Primitivstreifen gegenüber eine Sonderstellung einnimmt, können nur Experimente liefern, wie solche namentlich von Kopsch[1]) in neuerer Zeit mit Erfolg angestellt worden sind. Ich habe hierbei speciell den Versuch im Auge, bei welchem an einer 12 Stunden alten Keimscheibe ein vom hinteren Ende des Primitivstreifens ausgehender sichelförmiger Streif[2]) auf der linken Seite durch Ansetzen der

---

[1]) Kopsch, Experimentelle Untersuchungen am Primitivstreifen des Hühnchens und an Scyllium-Embryonen. Verh. der Anat. Ges. Kiel 1889. Derselbe, Ueber die Bedeutung des Primitivstreifens beim Hühnerembryo. Leipzig 1902.

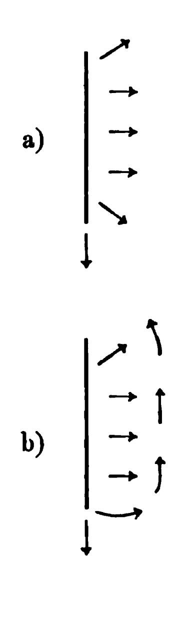
[2]) Diese Sichel, die nach den Abbildungen von Kopsch an der Grenze der Area opaca zu liegen scheint, stimmt am meisten mit dem von Koller dargestellten Gebilde überein. Ich bin ihr an den von mir

Elektrode in seiner Entwicklung gehemmt wurde. Das Resultat war bei Abtödtung der 60 Stunden alten Keimscheibe: keine wesentliche Schädigung des Embryo, aber Fehlen des linken Stammes der Dottersackarterie und Einziehung des hinteren Abschnittes des Gefässhofes gegen die Operationsstelle hin, durch welch' letztere die Vena terminalis unterbrochen ist. Die Operation lehrt, wie Kopsch hervorhebt, dass die Sichel bei Embryonen von 12 Stunden keine Anlagen für den Embryo, sondern ausschliesslich solche für den Gefässhof enthält. Speciell müsse der Vorderrand derselben die Anlage der Dottersackarterie, ihr Hinterrand eine Strecke der Randvene enthalten. Das sind nun beide blutleer sich anlegende Gefässe (vergl. über die Randvene weiter unten). Wie sich aber die Blutanlagen verhalten, ob sie in der linken Hälfte der Area vasculosa ganz ausgefallen sind, oder ob dies nur im hinteren Theil derselben der Fall war oder ob sie daselbst vielleicht nur schwächer entwickelt waren, ist nicht angegeben, offenbar deshalb nicht, weil in dem Stadium von 60 Stunden das Blut schon verflüssigt und in Circulation war, wenn anders der Embryo in dieser Hinsicht normal entwickelt gewesen.

Drei weitere Embryonen, die auf etwas älterer Entwicklungsstufe nämlich mit 24 und $16^1/_2$ Stunden am hinteren Ende des Primitivstreifens von Kopsch operirt worden sind, wurden nach 48 und 40 Stunden konservirt also in einem Stadium, in welchem noch „Blutinseln“ vorhanden waren. Der Gefässhof ist nach der Angabe von Kopsch bei zweien derselben (Embryo IV und VI) dem Stadium des Embryos entsprechend ausgebildet, bei dem 3ten (Embryo V) in der Ausbreitung „etwas“ zurückgeblieben. Die in Fig. 14 l. c. abgebildeten Blutanlagen dieses Gefässhofes scheinen mir für das Stadium schwach und wenig weit nach vorne reichend. Im Ganzen sind aber,

untersuchten jungen Stadien bis jetzt nicht begegnet und weiss daher nicht, in welcher Beziehung sie zu der von mir in etwas älteren Keimscheiben gesehenen, oft sichelförmigen Verbreiterung des Primitivstreifenendes steht, ob sie eine jüngere Entwicklungsstufe der letzteren ist oder nicht.

namentlich mit Rücksicht auf die Embryonen IV und VI die Ergebnisse nicht gerade der Annahme günstig, dass das Caudalende des Primitivstreifens von der 16ten Stunde ab noch bemerkenswerthes Material an die Blutanlagen abgiebt. Indessen darf man nicht ausser Acht lassen, dass die betreffende Stelle des Primitivstreifens durch den operativen Eingriff, bei welchem es in erster Linie darauf ankam, brauchbare Marken am Blastoderm zu setzen, nicht völlig zerstört worden ist, wie die Figuren 13, 14 und 16 l. c. beweisen. Um Missverständnissen vorzubeugen, hebe ich ausdrücklich hervor, dass ich damit nicht die interessanten Experimente und die wie mir scheint sehr werthvolle Methode von Kopsch, deren genauere Beschreibung er in Aussicht gestellt hat, bemängeln will. Die Versuche sind ja zu einem ganz anderen Zweck ausgeführt worden, als dem, der Quelle der Blutanlagen nachzugehen. Es wäre aber vielleicht lohnend, Experimente eigens in dieser Richtung anzustellen. Diese müssten selbstverständlich von der Entwicklung und Ausbreitungsweise des extraembryonalen Mesoblast ausgehen. In letzterer Hinsicht sind 2 Hauptmöglichkeiten gegeben: entweder wächst dieser Theil des Mittelblattes von der ganzen Länge des Primitivstreifen aus einheitlich in seitlicher Richtung bis zum Rande der späteren Area vasculosa hin (vergl. beistehendes Schema a.) und liefert mit seinem medialen Abschnitt die Gefässe der Area pellucida mit seinem lateralen diejenigen der Area opaca, also auch die Blutanlagen oder ein solcher flügelförmig nach der Seite hin sich ausbreitender Mesoblast trifft, indem er die Area pellucida durchsetzt und ihr, eventuell auch noch der Area opaca, leere Gefässe liefert, peripher mit einem vom Caudalabschnitt des Primitivstreifens in der Area opaca nach vorne gehenden Zug zusammen, welcher (eventuell neben Anlagen leerer Gefässe) das gesammte Material für die bluthaltigen Gefässe der Area opaca führt. (S. Schema b.)



Die von mir an den beschriebenen älteren und an einigen jüngeren Hühnerkeimscheiben gemachten Beobachtungen sprechen eher zu Gunsten der letzteren Auffassung.

Wenn ich im Vorstehenden die mesoblastische Abkunft der Gefässanschwellungen vertreten habe, kann ich deshalb doch van der Stricht,[1]) dessen Standpunkt der gleiche ist, nicht zustimmen, wenn er sagt (l. c. p. 212) „ces ilôts sont toujours nettement distincts du rempart vitellin sous-jacent". Ich finde im Gegentheil die Gefässanlagen in der Area opaca oft dem Keimwall innig anliegend, sich in ihn einsenkend und förmlich einbohrend, so dass man stellenweise nicht im Stande ist, eine scharfe Grenze zwischen ihren Zellen und denen des Keimwalls zu ziehen. Solche Gefässanlagen machen den Eindruck, als ob sie zum Keimwall gehörten. Aber andererseits habe ich beim Hühnchen doch nie Bilder gesehen, welche in unzweideutiger Weise eine Entstehung von Blutzellen aus dem Keimwall zeigen. Ich kann daher nicht behaupten, dass beim Huhn das mesoblastische Blutmaterial sich auf dem Dotter durch Hinzutreten entoblastischer Elemente ergänze, wie ich[2]) dies früher für Selachier angegeben. Trotzdem kann ich jene vorübergehende Verbindung weder für ein Artefakt noch für etwas Zufälliges halten, um so weniger als sie sich in noch ausgesprochenerer Weise bei den Selachiern findet. Ich darf hier mittheilen, dass sie nach den Untersuchungen von Herrn Kollegen Mollier auch bei den Amphibien vorhanden ist. Sie stellt also auch mit Rücksicht auf ihr verbreitetes Vorkommen eine auffallende Erscheinung dar, über die man nicht ohne Weiteres hinweggehen kann. Kann sie nicht durch die

---

[1]) van der Stricht, Nouvelles recherches sur la génèse des globules rouges et des globules blancs du sang. Arch. de Biologie T. XII, 1892.

[2]) Rückert, Ueber die Anlage des mittleren Keimblattes und die erste Blutbildung bei Torpedo. Anat. Anz. II, 1887.

Annahme einer Neubildung von Blut- und Gefässzellen aus dem Entoblast erklärt werden, so muss man nach einer anderen Deutung suchen. So möchte ich denn die Vermuthung aussprechen, dass sie vielleicht der Ausdruck ist für die Einverleibung einer Eisenverbindung in die Blutzellen aus dem Dotter. Diese Annahme liegt nahe, nachdem Smiechowsky[1]) durch microchemische Untersuchung gezeigt hat, dass das gesammte eisenhaltige Material des weissen Dotters beim Huhn in den „Megasphären" enthalten ist und von da in die Blutkörper gelangt. Von dem Zeitpunkt an, in welchem die Eisenreaktion in den Blutzellen deutlich wird (Stadium mit 12 Urwirbeln), nimmt sie in den Megasphären bedeutend an Intensität ab. Auf welchem Wege die Uebertragung geschieht, konnte der Autor nicht feststellen. Er tritt aber auf Grund seiner Beobachtungen der Ansicht bei, dass die Megasphären von den Entoblastzellen aufgenommen werden und denkt auch an eine Vermittlung der Endothelzellen.

Zum Schluss soll noch die Entstehung des Randgefässes der Area vasculosa besprochen werden. Die herrschende Ansicht, dass dieses Gefäss aus den peripheren Blutanlagen durch Confluiren derselben sich bilde, ist nicht richtig. Schon der Umstand, dass ein Sinus terminalis auch im vordersten Theil des Blastoderms auftritt, wo die Blutanlagen sehr spärlich sind und auf ausgedehnten Strecken des Randes ganz fehlen, weist auf einen anderen Entstehungsmodus hin. Die Untersuchung ergiebt denn auch, dass der Sinus peripher von den randständigen grossen Blutanlagen sich anlegt und zwar nach dem Typus der blutleeren Gefässe, wie solche bekanntlich innerhalb des Embryo und ausserhalb desselben in der Area pellucida sich bilden. Auch in der Area opaca treten sie wie bekannt neben den blutleeren Gefässen auf, besonders in einer

[1]) Smiechowsky, Ueber die Bedeutung der Megasphären in der Keimscheibe des Hühnchens. Anat. Hefte 1892.

inneren gegen die A. pellucida zu gelegenen Zone, die nach vorn zu an Ausdehnung zunimmt in dem Masse, dass im vordersten Theil der Area die Blutanlagen fast gänzlich durch die der leeren Gefässe ersetzt werden. Nach Art dieser leeren Endothelröhren entsteht der Randsinus, nämlich aus einer dünnen, verhältnissmässig spät erscheinenden Zellschicht, die peripher von der jeweilig randständigen Blutanlage sich befindet. Wie die Gefässanlagen der Area vasculosa in ihrer Gesammtheit, seien sie bluthaltig oder leer, untereinander in Zusammenhang stehen, so ist auch die erste noch nicht gehöhlte Anlage des Randgefässes mit dem übrigen Netz verbunden. Im vordersten Theil der Area hängt sie vielfach mit den leeren Gefässen des Netzes zusammen, weiter hinten ausschliesslich mit den grossen bluthaltigen Anlagen. Bei der Eröffnung zum Rohr zeigt sie sich zusammengesetzt aus einer Reihe hintereinander gelegener Abtheilungen, die unter sich zusammenhängen und schliesslich völlig confluiren. Diese Hohlräume communiciren mit den inzwischen ebenfalls eröffneten Räumen des übrigen Gefässnetzes, im grösseren hinteren Theil der Area opaca also ausschliesslich mit den eröffneten bluthaltigen Gefässen. Die in letzteren befindlichen Haufen von Blutzellen, die unter sich und mit bestimmten Stellen der Gefässwand noch zusammenhängen — es sind das die echten Blutinseln der älteren Autoren — ragen nun frei gegen das Innere des Randgefässes vor, und ihre sich ablösenden Zellen gelangen in dieses hinein. Das Gefäss stellt jetzt das Sammelrohr für das verflüssigte Blut dar.

Bei Torpedo bildet sich der Randsinus noch weiter peripher von den bluthaltigen Anlagen und ebenfalls als leeres Gefäss. Seine erste Anlage erscheint sehr frühzeitig und zwar dann dicht neben der Gefässanschwellung in Gestalt von anfänglich sehr seichten Gruben, die am Rand der Keimscheibe durch Einsenkung des Dotters nebst des ihn überkleidenden Dotterentoblastes sich bilden und vom peripheren an dieser Stelle oft unterbrochenem Mesoblast überspannt werden. Später mit dem Auswachsen des Randes rücken diese Randgruben

von der Blutanlage mehr ab und werden tiefer. Man erkennt sie dann stets deutlich auch im Oberflächenbild, wo sie das Ansehen von runden durchscheinenden Vacuolen haben. H. Virchow hat sie eingehend geschildert, kann sich aber nicht zu der Annahme entschliessen, dass sie Vorstufen von Gefässen seien. Sie sehen in der That auch gar nicht wie solche aus, und habe ich lange Zeit gebraucht, bis ich mich davon überzeugt habe, dass sie wirklich durch Confluiren den Randsinus, der bei seinem ersten Auftreten, den Vacuolen entsprechend, stark wellig gebuchtet ist, bilden. Der Randsinus von Torpedo ist also anfänglich ein wandungsloser d. h. nicht mit Endothelzellen ausgekleideter Raum und erhält seinen endothelialen Zellenbelag erst spät und ganz allmählich durch vereinzelte, sehr lang ausgezogene Gefässzellen. Er steht aber in dieser Hinsicht nicht isolirt, denn ein Theil der übrigen blutleeren Gefässe des Torpedo blastoderms ist ebenfalls in Form von wandungslosen Dellen und Rinnen vorgebildet,[1]) deren Auskleidung zur Zeit der auftretenden Endothelröhren aber rascher vor sich geht als beim Randsinus. Der Unterschied ist dadurch bedingt, dass in diese letzteren Einsenkungen die Gefässzellen meist mehr in gruppenweiser Anordnung gelangen. Sie wandeln sich hier in Endothelröhren um, die, sich rasch ausdehnend, die Wand des Raumes austapeziren. Auch diese weiter innen gelegenen Einsenkungen sieht man im Oberflächenbild.[2]) Der geschilderte primitive wandungslose Zustand bei einem Theil der Dottergefässe von Torpedo stimmt gut zu den bekannten Angaben, welche über das Verhalten der ersten Gefässräume auf dem Dotter der Knochenfische vorliegen.

---

[1]) H. Virchow, Ueber Blutinseln und Gefässbezirk von Torpedo ocellata. Sitzber. d. Ges. naturf. Freunde zu Berlin. 1898.

[2]) Vergl. auch hierüber H. Virchow l. c. und die von ihm citirte Schrift Kollmann's „Gemeinsame Entwicklungsbahnen der Wirbelthiere". Gedenkschrift zur Eröffnung des Vesalianum, Leipzig 1885.

Namen-Register.

Sach-Register.

Verzeichnis der eingelaufenen Druckschriften

Januar bis Juni 1902.

Die verehrlichen Gesellschaften und Institute, mit welchen unsere Akademie in Tauschverkehr steht, werden gebeten, nachstehendes Verzeichnis zugleich als Empfangsbestätigung zu betrachten.

Von folgenden Gesellschaften und Instituten:

University of Aberdeen:

Studies. No. 4. 5. 1901. 4⁰.

Royal Society of South-Australia in Adelaide:

Transactions and Proceedings. Vol. 25, part 2. 1901. 8⁰.

Südslavische Akademie der Wissenschaften in Agram:

Rad. Vol. 146. 147. 8⁰.
Monumenta spectantia historiam Slavorum merid. Vol. XXX. 1. 1901. 8⁰.
Ant. Radić, Zbornik za narodni život. Bd. VI, 2. 1901. 8⁰.
Milivoj Šrepel, Grata za povjest Kniževnosti hrvatske. Bd. 3. 1901. 8⁰.
P. Budmani, Rječnik hrvatskoga ili srpskoga jezika. Heft 21. 1901. 4⁰.

K. kroat.-slavon.-dalmatinisches Landesarchiv in Agram:

Vjestnik. Bd. 4, Heft 1—3. 1902. 4⁰.

Geschichts- und Alterthumsforschende Gesellschaft des Osterlandes in Altenburg:

Mittheilungen. Bd. 1. Ergänzungsheft. 1901. 8⁰.

Expédition antarctique belge in Antwerpen:

Note rel. aux rapports scientifiques publiés aux frais du gouvernement belge sous la Direction de la Commission de la Belgica. 1902. 4⁰.
Résultats du Voyage du S. Y. Belgica en 1897—99. (10 Hefte). 1901—02. 4⁰.

Observatoire national d'Athènes:

Annales. Tom. 3. 1901. 4⁰.

Redaktion der Zeitschrift „Athena“:

Athena. Tom. 14, fasc. 1—3. 1902. 8⁰.

Johns Hopkins University in Baltimore:

Studies in historical and political Science. Ser. XIX, No. 10—12; Ser. XX, No. 1. 1901—02. 8⁰.
Circulars. Vol. 21, No. 155—158. 1902. 4⁰.
American Journal of Mathematics. Vol. 24, No. 1. 1902. 4⁰.
The American Journal of Philology. Vol. 22, No. 2. 3. 1901. 8⁰.
American Chemical Journal. Vol. 26, No. 4—6; Vol. 27, No. 1—3. 1901/02. 8⁰.
Bulletin of the Johns Hopkins Hospital. Vol. XII, No. 129; Vol. XIII, 130—133, 135. 1901/02. 4⁰.

Naturforschende Gesellschaft in Basel:

Verhandlungen. Bd. XIII, 2. 3. XIV, und Index zu Bd. 6—12. 1901/02. 8⁰.
Fr. Burckhardt, Zur Erinnerung an Tycho Brahe. 1546—1601. 1901. 8⁰.

Historisch-antiquarische Gesellschaft in Basel:

Basler Zeitschrift für Geschichte und Altertumskunde. Bd. 1, Heft 2. 1902. 8⁰.

Bataviaasch Genootschap van Kunsten en Wetenschappen in Batavia:

Tijdschrift. Deel 44, afl. 5 en 6. 1901. Deel 45, afl. 1. 1902. 8⁰.
Notulen. Deel 39, afl. 2. 3. 1901. 8⁰.

K. Serbische Akademie der Wissenschaften in Belgrad:

Glas. No. 63. 64. 1901—02. 8⁰.
Godischniak. XIV. 1900. 1901. 8⁰.
Sbornik. Bd. I. 1902. 8.

Museum in Bergen (Norwegen):

An Account of the Crustacea. Vol. IV, part 5. 6. 1902. 4⁰.
Aarbog für 1901. 1902. 8⁰.
Aarsberetning for 1901. 1902. 8⁰.

University of California in Berkeley:

Schriften aus dem Jahre 1901.

K. preuss. Akademie der Wissenschaften in Berlin:

Abhandlungen aus dem Jahre 1901. 1901. 4⁰.
Sitzungsberichte. 1901 No. 39—53; 1902 No. 1—22. 8⁰.
Politische Korrespondenz Friedrichs des Grossen. Bd. XXVII. 1902. 8⁰.
Corpus inscriptionum graecarum Peloponnesi et insularum vicinarum. Vol. I. 1902. fol.
Corpus Inscriptionum Orientis. Supplementum. Pars posterior. 1902. fol.

K. geolog. Landesanstalt und Bergakademie in Berlin:

Abhandlungen. N. F. Heft 31 mit Atlas. 1900. Heft 35. 36. 1901. 4⁰.

Zentralbureau der internationalen Erdmessung in Berlin:

Bericht über die Thätigkeit des Centralbureaus i. J. 1901. 1902. 4⁰.

Deutsche chemische Gesellschaft in Berlin:

Berichte. 34. Jahrg., No. 18 und 35. Jahrg., No. 1—12. 1902. 8⁰.

Deutsche geologische Gesellschaft in Berlin:

Zeitschrift. Bd. 53, Heft 4. 1902. 8⁰.
E. Koken, Die deutsche geologische Gesellschaft 1848—1898. 1901. 8⁰.

Medicinische Gesellschaft in Berlin:

Verhandlungen. Bd. 32. 1902. 8°.

Physiologische Gesellschaft in Berlin:

Literatur. 1901. Bd. XV, No. 20—26 und Register. 1902. Bd. XVI, No. 1—6. 8°.

K. technische Hochschule in Berlin:

Die Grenzen der Seeschiffahrt. Rede von Rektor Budendey. 1902. 4°.

Kaiserlich deutsches archäologisches Institut in Berlin:

Jahrbuch. Bd. XVI, Heft 4; Bd. XVII, Heft 1. 1902. 4°.

K. preuss. geodätisches Institut in Berlin:

Astronomisch-geodätische Arbeiten I. Ordnung. Bestimmung der Längendifferenz Potsdam—Pulkowa im Jahre 1901. 1902. 4°.

K. preuss. meteorologisches Institut in Berlin:

Regenkarte der Provinz Sachsen, von G. Hellmann. 1902. 8°.
Ergebnisse der meteorologischen Beobachtungen in Potsdam im Jahre 1899. 1901. 4°.
Ergebnisse der Niederschlagsbeobachtungen in den Jahren 1897 u. 1898. 1901. 4°.
Abhandlungen. Bd. II, No. 1. 1901. 4°.
Ergebnisse der Beobachtungen an den Stationen II. und III. Ordnung im Jahre 1897. 1902. 4°.
Deutsches Meteorologisches Jahrbuch für 1901. Heft 1. 1902. 4°.

Reichs-Marineamt in Berlin:

Bestimmung der Intensität der Schwerkraft auf 20 Stationen der westafricanischen Küste, von M. Loesch. 1902. 4°.

K. Sternwarte in Berlin:

Beobachtungs-Ergebnisse. Heft 10 u. 11. 1902. 4°.

Verein zur Beförderung des Gartenbaues in den preuss. Staaten in Berlin:

Gartenflora. 51. Jahrg. 1902, No. 1—13. 8°.

Verein für Geschichte der Mark Brandenburg in Berlin:

Forschungen zur Brandenburgischen und Preussischen Geschichte. Bd. XV, 1. Hälfte. 1902. 8°.

Zeitschrift für Instrumentenkunde in Berlin:

Zeitschrift. 22. Jahrg. 1902, Heft 1—6. 1902. 4°.

Allgemeine geschichtsforschende Gesellschaft der Schweiz in Bern:

Quellen zur Schweizer Geschichte, Bd. XV, 1; XVI—XX. Basel 1899 bis 1901. 8°.

Naturforschende Gesellschaft in Bern:

Neue Denkschriften. Bd. 38. Zürich 1901. 4.

Geolog. Kommission der Schweiz. naturforsch. Gesellschaft in Bern:

Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz. N. F. Liefg. XI. 1901. 4°.

Johns Hopkins University in Baltimore:

Studies in historical and political Science. Ser. XIX, No. 10—12; Ser. XX, No. 1. 1901—02. 8⁰.
Circulars. Vol. 21, No. 155—158. 1902. 4⁰.
American Journal of Mathematics. Vol. 24, No. 1. 1902. 4⁰.
The American Journal of Philology. Vol. 22, No. 2. 3. 1901. 8⁰.
American Chemical Journal. Vol. 26, No. 4—6; Vol. 27, No. 1—3. 1901/02. 8⁰.
Bulletin of the Johns Hopkins Hospital. Vol. XII, No. 129; Vol. XIII, 130—133, 135. 1901/02. 4⁰.

Naturforschende Gesellschaft in Basel:

Verhandlungen. Bd. XIII, 2. 3. XIV, und Index zu Bd. 6—12. 1901/02. 8⁰.
Fr. Burckhardt, Zur Erinnerung an Tycho Brahe. 1546—1601. 1901. 8⁰.

Historisch-antiquarische Gesellschaft in Basel:

Basler Zeitschrift für Geschichte und Altertumskunde. Bd. 1, Heft 2. 1902. 8⁰.

Bataviaasch Genootschap van Kunsten en Wetenschappen in Batavia:

Tijdschrift. Deel 44, afl. 5 en 6. 1901. Deel 45, afl. 1. 1902. 8⁰.
Notulen. Deel 39, afl. 2. 3. 1901. 8⁰.

K. Serbische Akademie der Wissenschaften in Belgrad:

Glas. No. 63. 64. 1901—02. 8⁰.
Godischniak. XIV. 1900. 1901. 8⁰.
Sbornik. Bd. I. 1902. 8.

Museum in Bergen (Norwegen):

An Account of the Crustacea. Vol. IV, part 5. 6. 1902. 4⁰.
Aarbog für 1901. 1902. 8⁰.
Aarsberetning for 1901. 1902. 8⁰.

University of California in Berkeley:

Schriften aus dem Jahre 1901.

K. preuss. Akademie der Wissenschaften in Berlin:

Abhandlungen aus dem Jahre 1901. 1901. 4⁰.
Sitzungsberichte. 1901 No. 39—53; 1902 No. 1—22. 8⁰.
Politische Korrespondenz Friedrichs des Grossen. Bd. XXVII. 1902. 8⁰.
Corpus inscriptionum graecarum Peloponnesi et insularum vicinarum. Vol. I. 1902. fol.
Corpus Inscriptionum Orientis. Supplementum. Pars posterior. 1902. fol.

K. geolog. Landesanstalt und Bergakademie in Berlin:

Abhandlungen. N. F. Heft 31 mit Atlas. 1900. Heft 35. 36. 1901. 4⁰.

Zentralbureau der internationalen Erdmessung in Berlin:

Bericht über die Thätigkeit des Centralbureaus i. J. 1901. 1902. 4⁰.

Deutsche chemische Gesellschaft in Berlin:

Berichte. 34. Jahrg., No. 18 und 35. Jahrg., No. 1—12. 1902. 8⁰.

Deutsche geologische Gesellschaft in Berlin:

Zeitschrift. Bd. 53, Heft 4. 1902. 8⁰.
E. Koken, Die deutsche geologische Gesellschaft 1848—1898. 1901. 8⁰.

Medicinische Gesellschaft in Berlin:

Verhandlungen. Bd. 32. 1902. 8⁰.

Physiologische Gesellschaft in Berlin:

Literatur. 1901. Bd. XV, No. 20—26 und Register. 1902. Bd. XVI, No. 1—6. 8⁰.

K. technische Hochschule in Berlin:

Die Grenzen der Seeschiffahrt. Rede von Rektor Budendey. 1902. 4⁰.

Kaiserlich deutsches archäologisches Institut in Berlin:

Jahrbuch. Bd. XVI, Heft 4; Bd. XVII, Heft 1. 1902. 4⁰.

K. preuss. geodätisches Institut in Berlin:

Astronomisch-geodätische Arbeiten I. Ordnung. Bestimmung der Längendifferenz Potsdam—Pulkowa im Jahre 1901. 1902. 4⁰.

K. preuss. meteorologisches Institut in Berlin:

Regenkarte der Provinz Sachsen, von G. Hellmann. 1902. 8⁰.
Ergebnisse der meteorologischen Beobachtungen in Potsdam im Jahre 1899. 1901. 4⁰.
Ergebnisse der Niederschlagsbeobachtungen in den Jahren 1897 u. 1898. 1901. 4⁰.
Abhandlungen. Bd. II, No. 1. 1901. 4⁰.
Ergebnisse der Beobachtungen an den Stationen II. und III. Ordnung im Jahre 1897. 1902. 4⁰.
Deutsches Meteorologisches Jahrbuch für 1901. Heft 1. 1902. 4⁰.

Reichs-Marineamt in Berlin:

Bestimmung der Intensität der Schwerkraft auf 20 Stationen der westafricanischen Küste, von M. Loesch. 1902. 4⁰.

K. Sternwarte in Berlin:

Beobachtungs-Ergebnisse. Heft 10 u. 11. 1902. 4⁰.

Verein zur Beförderung des Gartenbaues in den preuss. Staaten in Berlin:

Gartenflora. 51. Jahrg. 1902, No. 1—13. 8⁰.

Verein für Geschichte der Mark Brandenburg in Berlin:

Forschungen zur Brandenburgischen und Preussischen Geschichte. Bd. XV, 1. Hälfte. 1902. 8⁰.

Zeitschrift für Instrumentenkunde in Berlin:

Zeitschrift. 22. Jahrg. 1902, Heft 1—6. 1902. 4⁰.

Allgemeine geschichtsforschende Gesellschaft der Schweiz in Bern:

Quellen zur Schweizer Geschichte, Bd. XV, 1; XVI—XX. Basel 1899 bis 1901. 8⁰.

Naturforschende Gesellschaft in Bern:

Neue Denkschriften. Bd. 38. Zürich 1901. 4.

Geolog. Kommission der Schweiz. naturforsch. Gesellschaft in Bern:

Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz. N. F. Liefg. XI. 1901. 4⁰.

Historischer Verein in Bern:

Archiv. Bd. 16, Heft 2. 1901. 8⁰.

R. Deputazione di storia patria per le Provincie di Romagna in Bologna:

Atti e Memorie. III. Serie. Vol. XIX, fasc. 4—6. 1901. 8⁰.

Niederrheinische Gesellschaft für Natur- und Heilkunde in Bonn:

Sitzungsberichte 1901. I. und II. Hälfte. 1901—02. 8⁰.

Naturhistorischer Verein der preussischen Rheinlande in Bonn:

Verhandlungen. 58. Jahrg. I. und II. Hälfte. 1901—02. 8⁰.

Société de géographie commerciale in Bordeaux:

Bulletin. 1902. No. 1—12. 8⁰.

American Academy of Arts and Sciences in Boston:

Proceedings. Vol. 37, No. 4—14. 1901—02. 8⁰.

American Philological Association in Boston:

Transactions and Proceedings. Vol. 32. 1901. 8⁰.

Boston Society of natural History in Boston:

Proceedings. Vol. 29, No. 15—18; Vol. 30, No. 1. 2. 1901. 8⁰.
Occasional Papers. VI. 1901. 8⁰.

Magistrat der Stadt Braunschweig:

Abt Berthold Meiers Legenden und Geschichten des Klosters Sct. Aegidien. Wolfenbüttel 1900. gr. 8⁰.

Geschichtsverein in Braunschweig:

Braunschweigisches Magazin. Jahrg. 1901. 4⁰.

Verein für Naturwissenschaft in Braunschweig:

12. Jahresbericht über die Jahre 1899/1900 und 1900/1901. 1902. 8⁰.

Technische Hochschule in Braunschweig:

Programm für die Jahre 1901—02. 1901. 8⁰.
Vorschriften über die Diplomprüfungen. 1901. 8⁰.

Mährisches Landesmuseum in Brünn:

Zeitschrift. Bd. I, Heft 1 u. 2. 1901. gr. 8⁰.
Časopsis. Bd. I, Číslo 1 u. 2. 1901. gr. 8⁰.

Deutscher Verein für die Geschichte Mährens und Schlesiens in Brünn:

Karl Lechner, Die ältesten Belehnungs- und Lehensgeschichtsbücher des Bisthums Olmütz. 1902. 8⁰.
Zeitschrift. 6. Jahrg., Heft 1—3. 1902. gr. 8⁰.

Naturforschender Verein in Brünn:

Verhandlungen. Bd. 39. 1901. 8⁰.
XIX. Bericht der meteorol. Kommission im Jahre 1899. 1901. 8⁰.

Académie Royale de médecine in Brüssel:

Mémoires couronnés in 8⁰. Tom. 56. 1896—1902. 8⁰.
Bulletin. IV. Série. Tom. XV No. 10. 11. Tom. XVI No. 1—5. 1901/02. 8⁰.

Académie Royale des sciences in Brüssel:

Mémoires des membres in 4⁰. Tom. 54, fasc. 1—4. 1900—01. 4⁰.
Mémoires couronnés in 4⁰. Tom. 59, fasc. 1. 2. 1901. 4⁰.
Mémoires couronnés in 8⁰. Tom. 61. 1901. 8⁰.
Biographie nationale. Tom. XVI, fasc. 2. 1901. 8⁰.
Annuaire 1902. 68ᵉ année. 8⁰.
Bulletin. a) Classe des lettres 1901, No. 11. 12; 1902, No. 1—3. 8⁰.
b) Classe des sciences 1901, No. 11. 12; 1902, No. 1—3. 8⁰.
Charles de l'Abbaye de Saint-Martin de Tournai. Tom. 2. 1901. 4⁰.

Société des Bollandistes in Brüssel:

Analecta Bollandiana. Tom. 21, fasc. 1. 2. 1902. 8⁰.

Société entomologique de Belgique in Brüssel:

Annales. Tom. 45. 1901. 8⁰.

Société belge de géologie in Brüssel:

Bulletin. Tom. 12, fasc. 4; Tom. 15, fasc. 6; Tom. 16, fasc. 1. 1902. 8⁰.

K. ungar. geologische Anstalt in Budapest:

Mittheilungen aus dem Jahrbuche. Bd. 13, Heft 4. 5. 1902. 8⁰.
Földtani Közlöny. Bd. 31, Heft 5—12; Bd. 32, Heft 1—4. 1901/02. 8⁰.
Jahresbericht für 1897. 1901. 8⁰.
A Magyar kir. földtani intézet évkönyve. Bd. 13, Heft 5. 6. 1901. 4⁰.

Statistisches Bureau der Haupt- und Residenzstadt Budapest:

Publikationen. No. XXIX, 2. Berlin 1901. 4⁰.

Museo nacional in Buenos Aires:

Comunicaciones. Tom. I, No. 10. 1901. 8⁰.

Botanischer Garten in Buitenzorg (Java):

Mededeelingen. No. LII—LV. Batavia 1902. 4⁰.
Bulletin. No. IX—XI. 1901. 4⁰.

Botanisches Institut in Bukarest:

Bulletin de l'Herbier. No. 1. 1901 Sept.—Déc. 1901. 8⁰.

Rumänisches meteorologisches Institut in Bukarest:

Analele. Tom. XV, anul 1899. 1901. fol.

Meteorological Department of the Government of India in Calcutta:

Monthly Weather Review. Aug.—Dec. 1901, Januar 1902. 1901/02. fol.
Indian Meteorological Memoirs. Vol. XII, part 2. 1902. fol.
Rainfall of India. 10th year 1900. 1901. fol.

Asiatic Society of Bengal in Calcutta:

Bibliotheca Indica. New Ser. No. 999. 1001—1004. 1901/02. 8⁰.

Geological Survey of India in Calcutta:

Records. Vol. 30, part 3. 4; Vol, 31, part 2. 3; Vol. 32, part 1. 1901. 4⁰.

Institut Égyptien in Cairo:

Bulletin. 1896—1901. 8⁰.
Livre d'or de l'Institut Égyptien 1859—1899. Texte et planches. Le Mans 1899. 8⁰.

Museum of comparative Zoology at Harvard College in Cambridge, Mass.:
Bulletin. Vol. 39, No. 2. 3; Vol. 40, No. 1. 1902. 8⁰.
Memoirs. Vol. XXVI, No. 1—3; Vol. XXVII, No. 1. 1902. 4⁰.

Astronomical Observatory of Harvard College in Cambridge, Mass.:
56th Annual Report. 1901. 8⁰.
Annals. Vol. 43, part 2; Vol. 48, part 1. 1901/02. 4⁰.

Philosophical Society in Cambridge:
Proceedings. Vol. XI, part 4. 5. 1902. 8⁰.

Geological Commission, Colony of the Cape of Good Hope in Cape Town:
Annual Report for 1898 and 1899. 1900. 4⁰.

Geodetic Survey of South Africa in Capetown:
Geodetic Survey. Vol. II. 1901. fol.

Accademia Gioenia di scienze naturali in Catania:
Atti. Serie IV, Vol. 14. 1901. 4⁰.
Bullettino mensile. Nuova Ser., fasc. 71 (Nov. 1901); fasc. 72 (Febr. 1902). 1902. 8⁰.

Physikalisch-technische Reichsanstalt in Charlottenburg:
Die Thätigkeit der physikalisch-technischen Reichsanstalt im Jahre 1901. Berlin 1902. 4⁰.

K. sächsisches meteorologisches Institut in Chemnitz:
Decaden-Monatsberichte. Jahrg. IV. 1902. fol.
Jahrbuch. Jahrg. XVI, Abtlg. III. 1902. 4⁰.

John Crerar Library in Chicago:
VIIth annual Report for the year 1901. 1902. 8⁰.

Field Columbian Museum in Chicago:
Publications. No. 60. 62. 63. 1901. 8⁰.

Zeitschrift „Astrophysical Journal" in Chicago:
Vol. XIV, No. 5; Vol. XV, No. 1—4. 1901/02. gr. 8⁰.

Committee of the Norwegian North-Atlantic Expedition in Christiania:
Den Norske Nordhavs-Expedition. No. XXVIII. 1901. fol.

Nors Folkemuseum in Christiania:
Aarsberetning 1901. 1902. 4⁰.

Fridtjof Nansen Fund for the advancement of science in Christiania:
The Norwegian North Polar-Expedition 1893—1896. Vol. III. 1902. 4⁰.

K. Norwegische Universität in Christiania:
Nyt Magazin for Naturvidenskaberre. Bd. 39. Heft 1—4. 1901. 8⁰.

Historisch-antiquarische Gesellschaft für Graubünden in Chur:
XXXI. Jahresbericht. Jahrg. 1901. 1902. 8⁰.

Lloyd Museum and Library in Cincinnati:
Bulletin. Mycological Series, No. 5—8. 1900—1901. 1900/02. 8⁰.

Ohio State University in Columbus:

31. annual Report 1900—01. 1901. 8⁰.

Westpreussischer Geschichtsverein in Danzig:

Zeitschrift. Heft 44. 1902. gr. 8⁰.

Kais. Gouvernement von Deutsch-Ostafrica in Dar-es-Salam:

Berichte über Land- und Forstwirtschaft in Deutsch-Ostafrika. Bd. 1, Heft 1. 2. Heidelberg 1902. 8⁰.

Historischer Verein für das Grossherzogtum Hessen in Darmstadt:

Archiv. N. F. Erg.-Bd. I, Heft 2. 1902. 8⁰.
Quartalblätter. Bd. II, No. 17—20; Bd. III, No. 1—4. 1900—01. 8⁰.

Verein für Anhaltische Geschichte in Dessau:

Mittheilungen. Bd. IX, 3. 1902. 8⁰.

Union géographique du Nord de la France in Douai:

Bulletin. Tom. 23, trimestre 1. 1902. 8⁰.

Verein für Erdkunde in Dresden:

XXVII. Jahresbericht. 1901. 8⁰.

Royal Irish Academy in Dublin:

Transactions. Vol. 31, Part 12—14; Vol. 32, Section and Part 1. 2. 1901/02. 4⁰.

Royal Society in Dublin:

The economic Proceedings. Vol. I, part 2. 1899. 8⁰.
The scientific Proceedings. Vol. IX, parts 2—4. 1900—01. 8⁰.
Transactions. Vol. VII, parts 8—13. 1900—01. 4⁰.

American Chemical Society in Easton, Pa.:

The Journal. Vol. XXIII, No. 12; Vol. XXIV, No. 1—6. 1901/02. 8⁰.

Royal Society in Edinburgh:

Proceedings. Vol. 23, p. 429—510; Vol. 24, p. 1—192. 1902. 4⁰.

Scottish Microscopical Society in Edinburgh:

Proceedings. Vol. III, No. 2. 1901. 8⁰.

Gesellschaft f. bildende Kunst u. vaterländische Altertümer in Emden:

Jahrbuch. Bd. XIV, Heft 1 u. 2. 1902. 8⁰.

K. Akademie gemeinnütziger Wissenschaften in Erfurt:

Jahrbücher. N. F. Heft 28. 1902. 8⁰.

Reale Accademia dei Georgofili in Florenz:

Atti. IV. Ser. Vol. 24, disp. 3. 4; Vol. 25, disp. 1. 1901/02. 8⁰.

Senckenbergische naturforschende Gesellschaft in Frankfurt a/M.:

Abhandlungen. Bd. XX, 3; Bd. XXVI, 4. 1902. 4⁰.

Naturwissenschaftlicher Verein in Frankfurt a/O.:

Helios. Bd. XIX. Berlin 1902. 8⁰.

Naturforschende Gesellschaft in Freiburg i. Br.:

Berichte. Bd. XII. 1902. 8⁰.

Breisgau-Verein Schau-ins-Land in Freiburg i. Br.:

„Schau-ins-Land." Jahrg. 28, II. Halbband. 1901. fol.

Universität Freiburg in der Schweiz:

Collectanea Friburgensia. Nouv. Sér. Fasc. 12 (= N. F. fasc. 3). 1902. 8⁰.

Verein für Naturkunde in Fulda:

2. Ergänzungsheft. 1901. 4⁰.

Observatoire in Genf:

Resumé météorologique de l'année 1900 pour Genève et le Grand Saint-Bernard. 1902. 8⁰.

Observations météorologiques faites aux fortifications de Saint-Maurice pour l'année 1900. 1901. 8⁰.

Société d'histoire et d'archéologie in Genf:

Mémoires et Documents. Nouv. Sér. Tom. 5, livre 2. 1901. 8⁰.

Bulletin. Tom. 2, livre 5. 1901. 8⁰.

Société de physique et d'histoire naturelle in Genf:

Mémoires. Vol. 34, fasc. 1. 1902. 4⁰.

Vlaamsch natuur- en geneeskundig Congres in Gent:

Handelingen van het Congres gehouden te Brugge 28.—29. Sept. 1901. 1901. 4⁰.

Oberhessische Gesellschaft für Natur- und Heilkunde in Giessen:

33. Bericht. 1899—1902. 8⁰.

Oberhessischer Geschichtsverein in Giessen:

Mittheilungen. N. F. Bd. 10 und Ergänzung hiezu. 1901/02. 8⁰.

Oberlausitzische Gesellschaft der Wissenschaften in Görlitz:

Neues Lausitzisches Magazin. Bd. VII. 1901. 8⁰.

Codex diplomaticus Lusatiae superioris. II. Bd. 2, Heft 2. 1901. 8⁰.

K. Gesellschaft der Wissenschaften in Göttingen:

Göttingische gelehrte Anzeigen. 1901, No. XII; 1902, No. I—V. Berlin 1901/02. 4⁰.

Abhandlungen. N. F.
a) Philol.-hist. Classe. Bd. IV, No. 6. Berlin 1901. 4⁰.
b) Mathem.-physikal. Classe. Bd. II, No. 2. Berlin 1902. 4⁰.

Nachrichten. a) Philol.-hist. Classe. 1901, Heft 3. 4; 1902, Heft 1. 2. 4⁰.
b) Math.-phys. Classe. 1901, Heft 2. 5; 1902, Heft 1—3. 4⁰.
c) Geschäftliche Mitteilungen. 1901, Heft 2.

Universität in Graz:

Verzeichnis der akademischen Behörden etc. 1901/02. 1901. 4⁰.

K. Instituut voor de Taal-, Land- en Volkenkunde van Nederlandsch Indië im Haag:

Bijdragen. VI. Reeks. Deel IX, afl. 3 en 4; Deel X, afl. 1 en 2. 1901/02. 8⁰.

Société Hollandaise des Sciences in Haarlem:

Archives Néerlandaises des sciences exactes. Série II. Tom. 7, livr. 1. 1902. 8⁰.

Kaiserl. Leopoldinisch-Carolinische Deutsche Akademie der Naturforscher in Halle:

Leopoldina. Heft 37, No. 12; Heft 38, No. 1—5. 1901/02. 4⁰.
Abhandlungen. Bd. 79. 1901. 4⁰.

Deutsche morgenländische Gesellschaft in Halle:

Zeitschrift. Bd. 56, Heft 1. 2. Leipzig 1902. 8⁰.

Naturwissenschaftlicher Verein für Sachsen und Thüringen in Halle:

Zeitschrift für Naturwissenschaften. Band 74, Heft 3—6. Stuttgart 1901/02. 8⁰.

Verein für Hamburgische Geschichte in Hamburg:

Mitteilungen. 21. Jahrg., 1901. 1902. 8⁰.

Naturwissenschaftlicher Verein in Hamburg:

Verhandlungen. III. Folge. IX, 1901. 1902. 8⁰.

Historischer Verein für Niedersachsen in Hannover:

Atlas vorgeschichtlicher Befestigungen in Niedersachsen. Heft VII. 1902. fol.
Zeitschrift. Jahrg. 1901. Jahrg. 1902, Heft 1. 1901/02. 8⁰.

Historisch-philosophischer Verein in Heidelberg:

Neue Heidelberger Jahrbücher. Jahrg. XI, Heft 1. 1901. 8⁰.

Naturhistorisch-medizinischer Verein zu Heidelberg:

Verhandlungen. N. F. Bd. VII, Heft 1. 1902. 8⁰.

Geschäftsführender Ausschuss der Reichslimeskommission in Heidelberg:

Der Obergermanisch-Raetische Limes des Römerreiches. Liefg. XVI. 1902. 4⁰.

Grossherzogl. Sternwarte in Heidelberg:

Mitteilungen. I. Karlsruhe 1901. 8⁰.

Finländische Gesellschaft der Wissenschaften in Helsingfors:

Öfversigt. XLIII, 1900—01. 1901. 8⁰.

Societas pro Fauna et Flora Fennica in Helsingfors:

Acta. Vol. XVI. XVIII. XIX. XX. 1897—1901. 8⁰.
Meddelanden. Heft 24—27. 1900/01. 8⁰.

Société de géographie de Finlande in Helsingsfors:

Fennia. Vol. 10. 16. 18. 1894—1901. 8⁰.

Verein für siebenbürgische Landeskunde in Hermannstadt:

Archiv. N. F. Bd. XXX, Heft 2. 1902. 8⁰.
Jahresbericht für das Jahr 1901. 1902. 8⁰.
Urkundenbuch zur Geschichte der Deutschen in Siebenbürgen. Bd. III. 1902. 4⁰.

Verein für Meiningische Geschichte und Landeskunde in Hildburghausen:

Schriften. 40. Heft. 1902. 8⁰.

Ungarischer Karpathen-Verein in Igló:

Jahrbuch. 29. Jahrg. 1902. 8⁰.

Journal of Physical Chemistry in Ithaca, N.Y.:

The Journal. Vol. 5, No. 9; Vol. 6, No. 1—3. 1901/02. 8⁰.

Université de Jassy:

Annales scientifiques. Tom. 2, fasc. 1. 1902. 8⁰.

Verein für Thüringische Geschichte und Alterthumskunde in Jena:

Zeitschrift. N. F. Bd. XII, Heft 2—4. 1901—02. 8⁰.

Naturforschende Gesellschaft bei der Universität Jurjew (Dorpat):

Schriften. No. X. Moskau 1902. 8⁰.

Universität Jurjew (Dorpat):

Schriften aus dem Jahre 1901 in 4⁰ und 8⁰.

Pfälzisches Museum in Kaiserslautern:

Pfälzisches Museum. XIX. Jahrg., No. 4 (April 1902). 8⁰.

Badische Historische Kommission in Karlsruhe:

Aloys Schulte, Markgraf Ludwig Wilhelm von Baden. 2 Bde. Heidelberg 1901. 8⁰.
Politische Correspondenz Karl Friedrichs von Baden, herausgegeben von Erdmannsdörffer. 5 Bde. Heidelberg 1888—1901. 8⁰.
Aloys Schulte, Geschichte des mittelalterlichen Handels. 2 Bde. Leipzig 1900. 8⁰.
Oberrheinische Stadtrechte. I. Abthlg., Heft 1—5. Heidelberg 1895 bis 1900. 8⁰.
Zur Vorgeschichte des Orleans'schen Krieges, bearb. von Karl Immich. Heidelberg 1898. 8⁰.
Siegel der Badischen Städte. Heft 1. Heidelberg 1899. 8⁰.
Die Konstanzer Ratslisten des Mittelalters, bearb. von Konrad Beyerle. Heidelberg 1898. 8⁰.
Zeitschrift für die Geschichte des Oberrheins. Bd. VI—XVII, 2. Freiburg 1891—1902. 8⁰.
Neujahrsblätter 1898—1902. Heidelberg. 8⁰.
Wirtschaftsgeschichte des Schwarzwaldes v. Eberhard Gothein. Bd. I. Strassburg 1892. 8⁰.

Universität Kasan:

Schriften aus Bd. 67, No. 9. 10. 1900. 8⁰.
Utschenia Sapiski. Bd. 68, No. 12; Bd. 69, No. 1–4. 1901/02. 8⁰.
1 Medicinische Dissertation. 1900. 8⁰.
Godischnij Akt. 1901. 8⁰.

Société de médecine in Kharkow:

Travaux. 1900. 1901. 8⁰.

Université Impériale in Kharkow:

Annales 1902. Fasc. 1. 1902. 8⁰.

Kommission zur wissenschaftl. Untersuchung der deutschen Meere in Kiel:

Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen. N. F. Bd. V, Abteilung Helgoland, Heft 1. 1902. 4⁰.

Universität in Kiew:

Iswestija. Bd. 41, No. 10. 12; Bd. 42, No. 1. 2. 1901/02. gr. 8⁰.

Mediz.-naturwissenschaftl. Sektion des Museumsvereins in Klausenburg:

Sitzungsberichte. 26. Jahrg. 23. Bd., 1. Abthlg., Heft 3. 1902. 8⁰.

Physikalisch-ökonomische Gesellschaft in Königsberg:

Schriften. 42. Jahrg. 1901. 4⁰.

K. Akademie der Wissenschaften in Kopenhagen:

Oversigt. 1901, No. 6; 1902, No. 1. 1902. 8⁰.
Mémoires. Section des Lettres. Tom. 5, No. 2.
Section des Sciences. Tom. 9, No. 8; tom. 10, No. 3. 1901/02. 4⁰.

Gesellschaft für nordische Alterthumskunde in Kopenhagen:

Nordiske Fortidsminder. Heft 4. 1901. 4⁰.
Aarböger, II. Raekke. Bd. 16. 1901. 8⁰.
Mémoires. Nouv. Sér. 1900—1901. 8⁰.

Akademie der Wissenschaften in Krakau:

Anzeiger. 1901, No. 8—10; 1902, No. 1—5. 8⁰.
Biblioteka pisarzow polskich. No. 41. 1902. 8⁰.
Rocznik. Rok 1900/01. 1901. 8⁰.
Materyaly antropolog.-archeolog. Tom. V. 1901. 8⁰.
Bibliografia historyi Polskiej. Bd. II, 4. 1901. 8⁰.
Atlas geologiczny Galicyi. Liefrg. XIII (mit Atlas in fol.). 1901. 8⁰.
Rozprawy. a) filolog. Ser. II, tom. 18.
b) histor. Ser. II, tom. 17.
c) matemat. Ser. II, tom. 18. 19; Ser. III, tom. 1 A u. B. 1901. 8⁰.
Sprawozdania komisyi do badania historyi sztuki. Tom. VII, 1. 2 und Index zu I—VI.
Scriptores rerum Polonicarum. Tom. 18. 1901. 8⁰.
Lud biat'oruski II. 1902. 8⁰.
Slownictwo chemiczne. 1902. 8⁰.
Katalog literatury nankowej polskiej. Tom. I, 4. 1902. 8⁰.

Société Vaudoise des sciences naturelles in Lausanne:

Bulletin. 4ᵉ Série. Vol. 37, No. 142; Vol. 38, No. 143. 1901/02. 8⁰.
Observations météorologiques du Champ de l'Air. Année XV, 1901. 1902. 8⁰.

Schweizerisch-geodätische Kommission in Lausanne:

Das Schweizerische Dreiecksnetz. Bd. IX. Zürich 1901. 4⁰.

Kansas University in Lawrence, Kansas:

The Kansas University Quarterly. Vol. X, No. 3. 1901. 8⁰.

Archiv der Mathematik und Physik in Leipzig:

Archiv. II. Reihe. Bd. III, Heft 1. 2. 1902. 8⁰.

K. Gesellschaft der Wissenschaften in Leipzig:

Abhandlungen der philol.-hist. Classe. Bd. XXI, No. 2—5. 1901/03. 4⁰.
Abhandlungen der mathemat.-physikal. Classe. Bd. XXVII, No. 1—6. 1901/02. 4⁰.
Berichte der philol.-hist. Classe. Bd. 53, No. II—IV. 1901/02. 8⁰.
Berichte der mathemat.-physikal. Classe. Bd. 53, No. V—VII; Bd. 54, No. I. II. 1901/02. 8⁰.

Fürstlich Jablonowski'sche Gesellschaft in Leipzig:

Jahresbericht. März 1902. 8°.

Journal für praktische Chemie in Leipzig:

Journal. N. F. Bd. 64, Heft 11. 12; Bd. 65, Heft 1—10. 12. 1901. 8°.

K. sächs. Kommission für Geschichte in Leipzig:

Die Dresdener Bilderhandschrift des Sachsenspiegels, herausgegeben von Karl v. Amira. Facsimile-Band, I. Hälfte. 1902. fol.

Verein für Erdkunde in Leipzig:

Mitteilungen 1901. 1902. 8°.

Université de Lille:

Tableaux des cours et conférences. Année 1902—1903. 1902. 8°.

Université Catholique in Loewen:

Schriften der Universisät aus dem Jahre 1900/01.

Zeitschrift „La Cellule" in Loewen:

La Cellule. Tom. XVIII, 2; XIX, 1. 1901. 4°.

The English Historical Review in London:

Historical Review. Vol. XVII, No. 65, 66. 1902. 8°.

Royal Society in London:

Reports to the Malaria Committee. 6th Series. 1902. 8°.
Proceedings. Vol. 69, No. 454—462. 1902. 8°.
Reports of the Evolution Committee. Report I. 1902. 8°.
Catalogue of scientific Papers. Vol. XII. 1902. 4°.
Year-book 1902. 8°.

R. Astronomical Society in London:

Monthly Notices. Vol. 62, No. 2—7 und Appendix No. I. 1901/02. 8°.

Chemical Society in London:

Journal. No. 471—476 und Supplementary Number. 1902. 8°.
List of the Fellows and Officers. 1902. 8°.
Proceedings. Vol. 18, No. 245—254. 1902. 8°.

Geological Society in London:

The quarterly Journal. Vol. 57, part 1—4 (= No. 225—228). 1901/02. 8°.

Linnean Society in London:

The Journal. a) Zoology. Vol. 28, No. 184; b) Botany. Vol. 35, No. 244. 1902. 8°.

Medical and chirurgical Society in London:

Medico-chirurgical Transactions. Vol. 84. 1901. 8°.

R. Microscopical Society in London:

Journal. 1902. Part I. III. 8°.

Zoological Society in London:

Proceedings. 1901. Vol. II, part 2. 1902. 8°.
Transactions. Vol. XVI, part 4. 1902. 4°.

Zeitschrift „Nature" in London:

Nature. No. 1681—1704. 8°.

Museums-Verein für das Fürstentum Lüneburg in Lüneburg:
Jahresberichte 1899/01. 1901. 8⁰.

Société géologique de Belgique in Lüttich:
Annales. Tom. 28, livr. 3; Tom. 29, livr. 1. 2. 1900/02. 8⁰.

Universität in Lund:
Acta Universitatis Lundensis. Tom. XXXVI, 1. 2. 1900. 4⁰.
Sveriges offentlicha Bibliotek. 1899. 1900. Stockholm 1901/02. 8⁰.

Section historique de l'Institut Royal Grand-Ducal in Luxemburg:
Publications. Vol. 48. 49. 51. 1900/01. 8⁰.

Université in Lyon:
Annales. Sér. I, fasc. 5—7; Sér. II, fasc. 7. 8. Paris 1901. 8⁰.

Washburn Observatory in Madison:
Publications. Vol. X, part 2. 1901. 4⁰.

Government Museum in Madras:
Bulletin. Vol. IV, No. 2. 1901. 8⁰.

Kodaikánal and Madras Observatories in Madras:
Report for the period 1st April to 31st Dec. 1901. 1902. fol.

R. Academia de ciencias exactas in Madrid:
Memorias. Tom. XIV, Atlas fasc. 1. 1891—1900. 4⁰.

R. Academia de la historia in Madrid:
Boletin. Tom. 40, cuad. 1—6. 1902. 8⁰.

Ministerio de Instruccion publica in Madrid:
Discursos leidos el día de 24 de Mayo de 1902 en el solemne festival académico con motivo de la entrada en la mayor edad de S. M. el Rey D. Alfonso XIII. 1902. 4⁰.

Società Italiana di scienze naturali in Mailand:
Atti. Vol. 40, fasc. 4; Vol. 41, fasc. 1. 1902. 8⁰.

Società Storica Lombarda in Mailand:
Archivio Storico Lombardo. Serie III. Anno XXVIII, fasc. 31 und 32; anno XXIX, fasc. 33. 1901/02. 8⁰.

Literary and philosophical Society in Manchester:
Memoirs and Proceedings. Vol. 46, part II—VI. 1901/02. 8⁰.

Schwäbischer Schillerverein in Marbach:
6. Rechenschaftsbericht 1901/02. 1902. 8⁰.

Fürsten- und Landesschule St. Afra in Meissen:
Jahresbericht für das Jahr 1901—02. 1902. 4⁰.

Verein für Geschichte der Stadt Meissen in Meissen:
Mittheilungen. Bd. 6, Heft 1. 1901. 8⁰.

Royal Society of Victoria in Melbourne:
Proceedings. Vol. XIV, 2. 1902. 8⁰.

Gesellschaft für lothringische Geschichte in Metz:

Jahrbuch. XIII. Jahrg. 1901. gr. 8⁰.

Instituto geológico in Mexico:

Boletín. No. 15. Las rhyolitas de Mexico. Parte 2. 1901. 4⁰.

Observatorio meteorológico-magnético central in Mexico:

Boletin mensual. Julio 1901. fol.

Sociedad científica „Antonio Alzate" in Mexico:

Memorias y revista. Tom. XIII, No. 3. 4; Tom. XVI, No. 2. 3. 1901. 8⁰.

Bureau d'échanges internationaux de publication de la République de l'Uruguay in Montevideo:

Anuario estadístico de l'Uruguay. Años 1899—1900, 2 voll. 1901. 4⁰.
Colón Guía. 1900. 4⁰.

Museo nacional in Montevideo:

Annales. Tomo IV, entr. 22. 1901. 4⁰.

Numismatic and Antiquarian Society of Montreal:

The Canadian Antiquarian and Numismatic Journal. III. Series. Vol. IV, No. 1. 1902. 8⁰.

Oeffentliches Museum in Moskau:

Ottschet. Jahrg. 1901. 1902. 8⁰.

Lazarev'sches Institut für Orientalische Sprachen in Moskau:

Trudy. No. 4. 7. 9. 1901. 8⁰.

Société Impériale des Naturalistes in Moskau:

Bulletin. Année 1902, No. 1. 2. 8⁰.

Lick Observatory in Mount Hamilton, California:

Publications. Vol. 5. Sacramento 1901. 4⁰.
Bulletin. No. 12—19. 1901/02. 4⁰.

Deutsche Gesellschaft für Anthropologie in Berlin und München:

Korrespondenzblatt, 32. Jahrg. 1901, No. 11. 12; 33. Jahrg. 1902, No. 1 bis 3. 4⁰.

Hydrotechnisches Bureau in München:

Jahrbuch. III. Jahrg., Heft IV, Thl. I (und Anhang); IV. Jahrg., Heft I. 1901/02. 4⁰.

Generaldirektion der k. b. Posten und Telegraphen in München:

10 Nachträge zu den Zeitungspreisverzeichnissen. fol.

K. bayer. technische Hochschule in München:

Personalstand. Sommer-Semester 1902. 8⁰.

Metropolitan-Kapitel München-Freising in München:

Schematismus der Geistlichkeit für das Jahr 1902. 8⁰.
Amtsblatt der Erzdiözese München und Freising. 1902, No. 1—16. 8⁰.

K. Oberbergamt in München:

Geognostische Jahreshefte. 14. Jahrg. 1901. 4⁰.

Universität in München:

Schriften aus dem Jahre 1901/02 in 4⁰ und 8⁰.
Amtliches Verzeichnis des Personals. Sommer-Semester 1902. 8⁰.
Verzeichnis der Vorlesungen im Sommer-Semester 1902. 4⁰.

Historischer Verein in München:

Oberbayerisches Archiv. Jahrg. 3, Heft 1—5. 1901/02. 4⁰.

Verlag der Hochschul-Nachrichten in München:

Hochschul-Nachrichten. 1902. XII. Jahrg., No. 3—8. 4⁰.

Verein für Geschichte und Alterthumskunde Westfalens in Münster:

Zeitschrift. Bd. 59. 1901. 8⁰.

Accademia delle scienze fisiche e matematiche in Neapel:

Rendiconto. Ser. III. Vol. VII, fasc. 12; Vol. VIII, fasc. 1—5. 1901/02. 8⁰.

Zoologische Station in Neapel:

Mittheilungen. Bd. XV, 3. 1901. 8⁰.

Société des sciences naturelles in Neuchatel:

Bulletin. Tom. 27. Année 1898—97. 1899. 8⁰.

Institute of Engineers in New-Castle (upon-Tyne):

Transactions. Vol. 51, part 2. 1902. gr. 8⁰.
Indices. Vol. 1—38 (1852—1889). 1902. 8⁰.
Subject-Matter Index for the year 1900. 1902. 8⁰.

The American Journal of Science in New-Haven:

Journal. IV. Series, Vol. XIII, No. 73—79. 1902. 8⁰.

American Oriental Society in New-Haven:

Journal. Vol. XXI, 1. Vol. XXII, 2. 1901/02. 8⁰.

Academy of Sciences in New-York:

Memoirs. Vol. XIV, part 1. 2. 1901/02. 8⁰.

American Jewish Historical Society in New-York:

Publications. No. 9. 1901. 8⁰.

American Museum of Natural History in New-York:

Bulletin. Vol. XI, 4, XIV, XV, 1. 1901. 8⁰.

American Geographical Society in New-York:

Bulletin. Vol. 33, No. 5; Vol. 34, No. 1. 2. 1901/02. 8⁰.

Archaeological Institut of America in Norwood, Mass.:

American Journal of Archaeology. II[d] Series, Vol. 6, No. 1. 1902. 8⁰.

Germanisches Nationalmuseum in Nürnberg:

Anzeiger. Jahrg. 1901, Heft 1—4. 4⁰.
Katalog der Gewebesammlung, Teil II. 1901. 4⁰.

Neurussische naturforschende Gesellschaft in Odessa:

Sapiski. Bd. XXIV, 1. 1901. 8⁰.

Geological Survey of Canada in Ottawa:

Contributions to Canadian Palaeontology. Vol. II, 2; Vol. IV, 2. 1900-01. 8°.
General Index to the Reports of Progress 1863—1884. 1900. 8°.
Catalogue of marine Invertebrata of Eastern Canada. 1901. 8°.

R. Accademia di scienze in Padua:

Atti e Memorie. Nuova Serie. Vol. 17. 1901. 8°.

Redaction der Zeitschrift „Rivista di storica antica" in Padua:

N. S. Anno VI, fasc. 2. 1902. 8°.

Circolo matematico in Palermo:

Rendiconti. Tom. XVI, fasc. 1. 2. 1902. gr. 8°.

Collegio degli Ingegneri in Palermo:

Atti. 1901. gr. 8°.
Bollettino. Anno I, No. 6—8. 1901. fol.

Societa di scienze naturali ed economuli in Palermo:

Giornale. Vol. XXIII. Anno 1901. 4°.

Académie de médecine in Paris:

Jubilé de M. Albert Gaudry. 1902. 8°.
Bulletin. 1901, No. 44; 1902, No. 1—26. 8°.

Académie des sciences in Paris:

Comptes rendus. Tome 133, No. 27; Tome 134, No. 1—25. 1901/02. 4°.

Moniteur Scientifique in Paris:

Moniteur. Livre 722—727 (Février-Juillet 1902). 4°.

Société de géographie in Paris:

La Géographie. Année 1902, No. 1—6. 4°.

Société mathématique de France in Paris:

Bulletin. Tom. 29, No. 4; Tom. 30, No. 1. 1901/02. 8°.

Société zoologique de France in Paris:

Bulletin. Tome XXVI. 1901. 8°.
Mémoires. Tome XIV. 1901. 8°.

Académie Impériale des sciences in St. Petersburg:

Annuaire du Musée zoologique. Tome VI, No. 2—4. 1901. 8°.

Comité géologique in St. Petersburg:

Explorations géologiques dans les régions aurifères de la Sibèrie.
a) Region aurifère d'Jénisséi. Livr. 1. 2.
b) „ „ de Léna. Livr. 1.
c) „ „ de l'Amour. Livr. 1. 2. 1900—01. 8°.

Kaiserl. Botanischer Garten in St. Petersburg:

Acta. Vol. XIX, fasc. 1. 2; Vol. XX. 1901. 8°.
Scripta Botanica. Fasc. XVII. 1901. 8°.

Physikal.-chemische Gesellschaft an der kais. Universität St. Petersburg:

Schurnal. 1901, Tom. 33, Lief. 9; 1902, Tom. 34, Lief. 1—4. 8°.

Nicolai-Hauptsternwarte in St. Petersburg:

Jahresbericht 1900—1901. 1901. 8⁰.

Kaiserl. Universität in St. Petersburg:

Schriften aus dem Jahre 1901/02.

American pharmaceutical Association in Philadelphia:

49th annual Meeting at St. Louis 1901. 1901. 8⁰.

Historical Society of Pennsylvania in Philadelphia:

The Pennsylvania Magazine of History. Vol. XXV, No. 100—102. 1902. 4⁰.

Alumni Association of the College of Pharmacy in Philadelphia:

Alumni Report. Vol. 37, No. 12; Vol. 38, No. 1—6. 1901/02. 8⁰.

American Philosophical Society in Philadelphia:

Proceedings. Vol. 40, No. 167. 1901. 8⁰.

Società Toscana di scienze naturali in Pisa:

Atti. Processi verbali. Vol. XII, pag. 231—266; Vol. XIII, pag. 1—39. 1901/02. 4⁰.

Società Italiana di fisica in Pisa:

Il nuovo Cimento. Serie V, Tom. II, Nov.-Dic. 1901; Tom. III, Gennaio-Maggio 1902. 8⁰.

Historische Gesellschaft in Posen:

Zeitschrift. Jahrg. XVI, 1. 2. Halbbd.; XVII, 1. Halbbd. 1901/02. 8⁰.
Historische Monatsblätter. Jahrg. II, No. 4—12; Jahrg. III, No. 1—5. 1901/02. 8⁰.

Centralbureau der internationalen Erdmessung in Potsdam:

Verhandlungen der XIII. allgemeinen Konferenz der internationalen Erdmessung. Berlin 1901. 4⁰.

Astrophysikalisches Observatorium in Potsdam:

Publikationen. Band XII. 1902. 4.

Böhmische Kaiser Franz Josef-Akademie in Prag:

Památky archaeologické. Bd. XIX, Heft 6—8 und Register; Bd. XX, Heft 1. 1901—02. 4⁰.
Starožitnosti země české. Díl II, svaz. 1. 1901. 4⁰.
Rozprawy. Třída I, Ročnik IX; Třída II, Ročnik X. 1901. 8⁰.
Historický Archiv. Číslo 20. 21. 1901/02. 8⁰.
Věstník. Ročnik X, číslo 1—9. 1901. 8⁰.
Bulletin international. VIe annee, 2 Voll. 1901. 8⁰.
Almanach. Ročnik XII. 1902. 8⁰.
Ott, Soustavný úvod. Díl III. 1901. 8⁰.
Pavlíček, Chek 1902. 8⁰.
Novák, Maudrost st. č. 1901. 8⁰.
Bartoš, Moravské národní písně II. 1901. 8⁰.
Kott, Archiv pro lexikografii III. 1901. 8⁰.
Bibliothek deutscher Schriftsteller aus Böhmen. Bd. 12. 1901. 8⁰.

Gesellschaft zur Förderung deutscher Wissenschaft, Kunst und Literatur in Prag:

Urkunden-Regesten aus den Archiven der aufgehobenen Klöster Böhmens v. Ant. Schubert. Innsbruck 1901. 4⁰.
Beiträge zur deutsch-böhmischen Volkskunde. Bd. IV, Heft 1. 1901. 8⁰.
Rudolf Spitaler, Die period. Luftmassenverschiebungen. Gotha 1901. 4⁰.
Rechenschaftsbericht für das Jahr 1901. 1902. 8⁰.

K. böhmische Gesellschaft der Wissenschaften in Prag:

3 Schriften über Tycho Brahe. 1901—02. 8⁰.
Spisův poctěnijch jubilejni. Číslo XII. XIII. 1901. 8⁰.
Jahresbericht für das Jahr 1901. 1902. 8⁰.
Sitzungsberichte 1901. a) Classe für Philosophie. 1901.
b) Mathem.-naturw. Classe. 1901. 1902. 8⁰.

Mathematisch-physikalische Gesellschaft in Prag:

Sbornik Jednoty Českých Mathematicû, No. V. 1902. 8⁰.
Časopis. Bd. XXXI, No. 1—5 und Index. 1901/02. 8⁰.

Lese- und Redehalle der deutschen Studenten in Prag:

53. Bericht über das Jahr 1901. 1902. 8⁰.

Museum des Königreichs Böhmen in Prag:

Časopis. Bd. 75, Heft 5. 6; Bd. 76, Heft 1. 1901/02. 8⁰.

K. K. Sternwarte in Prag:

Magnetische und Meteorologische Beobachtungen im Jahre 1901. 1902. 4⁰.

Deutsche Karl Ferdinands-Universität in Prag:

Die feierliche Installation des Rektors für das Jahr 1901/02. 1901. 8⁰.

Deutscher naturwissenschaftlich-medizinischer Verein für Böhmen „Lotos" in Prag:

Sitzungsberichte. Jahrg. 1901. N. F. Bd. 21 (ganze Folge Bd. 49). 1901. 8⁰.

Historischer Verein in Regensburg:

Verhandlungen. Bd. 53. 1901. 8⁰.

Observatorio in Rio de Janeiro:

Boletim mensual. Jan.-Junho 1901. 4⁰.

Geological Society of America in Rochester:

Bulletin. Vol. 12. 1901. 8⁰.

Reale Accademia dei Lincei in Rom:

Annuario 1902. 8⁰.
Atti. Serie V. Classe di scienze morali. Vol. IX, parte 2. Notizie degli scavi (Nov. 1901—Marzo 1902). 1901/02. 4⁰.
Atti. Serie V. Rendiconti. Classe di scienze fisiche. Vol. X, fasc. 12. 2. semestre, Vol. XI, fasc. 1—11; 1. semestre, 1901/02. 4⁰.
Rendiconti. Classe di scienze morali e filologiche. Serie V, Vol. X, fasc. 9—12; Vol. XI, fasc. 1—4. 1901/02. 8⁰.

R. Comitato geologico d'Italia in Rom:

Bollettino. Anno 1901, No. 3. 4. 1901. 8⁰.

Kaiserl. deutsches archäologisches Institut (röm. Abtlg.) in Rom:

Mitteilungen. Bd. XVI, fasc. 4. 1901. 8⁰.

R. Società Romana di storia patria in Rom:

Archivio. Vol. 24, fasc. 3. 4. 1901. 8⁰.

R. Accademia di scienze degli Agiati in Rovereto:

Atti. Serie III, Vol. VII, fasc. 3; Vol. VIII, fasc. 1. 1902. 8⁰.

École française d'Extrême-Orient in Saigon:

Atlas archéologique de l'Indo-Chine. Monuments du Champa et du Cambodge, par É. Lunet de Lajonquière. Paris 1901. fol.
Nouvelles Recherches sur les Chams par Antoine Cabaton. Paris 1901. 4⁰.
Bulletin. Tom. I, No. 4; Tom. II, No. 1. Hanoi 1901. 4⁰.
L. Cadière, Phonétique annamite (dialecte du Haut-Annam). Paris 1902. 4⁰.
Élément de sanscrit classique par Victor Henry. Paris 1902. 8⁰.

Gesellschaft für Salzburger Landeskunde in Salzburg:

Mitteilungen. 41. Vereinsjahr 1901. 8⁰.

Naturwissenschaftliche Gesellschaft in St. Gallen:

Bericht 1899—1900. 1901. 8⁰.

Academy of Science in St. Louis:

Transactions. Vol. X, No. 9—11; Vol. XI, No. 1—5. 1900—01. 8⁰.

Instituto y Observatorio de marina de San Fernando (Cadiz):

Anales. Seccion II. Observaciones meteorolog. Año 1899. 1900. fol.

Universität in Sassari (Sardinien):

Studi Sassaresi. Anno I, fasc. 2. 1901. 8⁰.

R. Accademia dei fisiocritici in Siena:

Atti. Serie IV, Vol. 13, No. 1—10. 1901. 8⁰.

K. K. archäologisches Museum in Spalato:

Bullettino di Archeologia. Anno XXIV, No. 12; Anno XXV, No. 1—5. 1901/02. 8⁰.

Historischer Verein der Pfalz in Speyer:

Mitteilungen. XXV. 1901. 8⁰.

Geologiska Förening in Stockholm:

Förhandlingar. Bd. XXIII, Heft 7; Bd. XXIV, Heft 1—4. 1901/02. 8⁰.

Nordiska Museet in Stockholm:

Meddelanden 1899 och 1900. 1902. 8⁰.
Bidrag till vår odlings häfder, No. 8. 1901. 4⁰.

Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften in Strassburg:

Monatsbericht. Bd. 35, Heft 10; Bd. 36, Heft 1—5. 1901/02. 8⁰.

Australasian Associatian for the advancement of science in Sydney:

Report of the Melbourne Session. Vol. VIII, 1900. 1901. 8⁰.

Department of Mines and Agriculture of New-South-Wales in Sydney:

Annual Report for the year 1900. 1901. fol.
Mineral Resources. No. 9. 10. 1901. 8⁰.

Observatorio astronómico nacional in Tacubaya:

Anuario. Año XXII, 1902. Mexico 1901. 8⁰.

Observatoire astronomique et physique in Taschkent:

Publications, No. 3. Texte und Atlas. 1901. fol.

Physikalisches Observatorium in Tiflis:

Beobachtungen im Jahre 1898. 1901. fol.

Deutsche Gesellschaft für Natur- und Völkerkunde Ostasiens in Tokyo:

Mitteilungen. Bd. VIII, Teil 3. 1902. 8⁰.

Kaiserl. Universität Tokyo (Japan):

Calendar 1901—02. 8⁰.
The Journal of the College of Science. Vol. XVI, part 1; Vol. XVII, part 1. 1901. 4⁰.
Mitteilungen aus der medizinischen Fakultät. Bd. V, No. 2. 1901. 4⁰.
The Bulletin of the College of Agriculture. Vol. IV, No. 5. 1902. 8⁰.

University of Toronto:

Studies. Physiological Series, No. 3. 1901. 8⁰.

Biblioteca e Museo comunale in Trient:

Archivio Trentino. Anno XVI, fasc. 2. 1901. 8⁰.

Universität Tübingen:

The Kashmirian Atharva-Veda. 3 Voll. Baltimore 1901. fol.

R. Accademia delle scienze in Turin:

Osservazioni meteorologiche fatte nell' anno 1901. 1902. 8⁰.
Atti. Vol. 37, disp. 1—10. 1902. 8⁰.
Memorie. Serie II, Tom. 51. 1902. 2⁰.

R. Deputazione sopra gli studi di storia patria in Turin:

Historiae patriae monumenta. Tom. 18. 1901. fol.

K. Gesellschaft der Wissenschaften in Upsala:

Nova Acta. Ser. III, Vol. XX, fasc. 1. 1901. 8⁰.

Humanistika Vetenkaposamfund in Upsala:

Skrifter. Bd. IV. 1895—1901. 8⁰.

Meteorolog. Observatorium der Universität Upsala:

Bulletin mensuel. Vol. 33, 1901. 1901—02. fol.

Historisch Genootschap in Utrecht:

Bijdragen en Mededeelingen. Deel XXII. Amsterdam 1901. 8⁰.
J. Prinsen, Collectanea van Gerardus Geldenhauer. Amsterdam 1901. 8⁰.
Gedenkschriften van Gijsbert Jan van Hardenbroek. Deel I. Amsterdam 1901. 8⁰.

Institut Royal Météorologique des Pays-Bas in Utrecht:

Nederlandsch Meteorologisch Jaarboek voor 1899. 1902. fol.

Physiologisch Laboratorium der Hoogeschool in Utrecht:

Onderzoekingen. V. Reeks. III, 2. 1902. fol.

Dutsch Eclipse-Committee in Utrecht:

Preliminary Report of the Dutsch expedition to Karang Sago (Sumatra). Amsterdam 1902. 4⁰.
Report of the Dutsch Observations, No. II. Batavia 1901. 4⁰.

National Academy of Sciences in Washington:

Memoirs. Vol. VIII. 1898. 4⁰.

Bureau of American Ethnology in Washington:

18th annual Report 1896-97. Part 2. 1899. 4⁰.

Bureau of Education in Washington:

Report of the Commissioner of Education for the year 1899—1900. Vol. 2. 1901. 8⁰.

U. S. Departement of Agriculture in Washington:

Bureau of Plant Industry. Bulletin, No. 1. 1901. 8⁰.

Smithsonian Institution in Washington:

Annual Report for the year (ending June 30, 1900). 1901. 8⁰.
Smithsonian Miscellaneous Collections. Vol. 42. 43. 1901. 8⁰.
Smithsonian Contributions to knowledge, No. 1309. 1901. 4⁰.

U. S. Naval Observatory in Washington:

Report for the year 1900/01. 1901. 8⁰.

Philosophical Society in Washington:

Bulletin. Vol. 14, p. 179—204. 1902. 8⁰.

United States Geological Survey in Washington:

XXIst. annual Report 1899—1900. Parts 2—4. 1900—01. 4⁰.

Grossherzogliche Bibliothek in Weimar:

Zuwachs in den Jahren 1899—1901. 1902. 8⁰.

Harzverein für Geschichte in Wernigerode:

Zeitschrift. 34. Jahrg., Heft 1. 2. 1901. 8⁰.

Kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Wien:

Sitzungsberichte. Philos.-hist. Classe. Bd. 143. 1901. 8⁰.
Mathem.-naturwissensch. Classe. 1900/01. 8⁰.
Abtlg. I, Bd. 109, Heft 8—10; Bd. 110, Heft 1—4.
" IIa, " 109, " 10; " 110, " 1—7.
" IIb, " 110, " 1—7;
" III, " 109, " 8—10.
Denkschriften. Mathem.-naturwissenschaftl. Classe. Bd. 69. 73. 1901. 4⁰.
Archiv für österreichische Geschichte. Bd. 89, 2. Hälfte; Bd. 90, 1. und 2. Hälfte. 1901. 8⁰.
Fontes rerum Austriacarum. II. Abtlg., Bd. 52—54. 1901. 8⁰.

K. K. geologische Reichsanstalt in Wien:

Jahrbuch. Jahrg. 1901, Bd. 51, Heft 5; Jahrg. 1902, Bd. 52, Heft 1. 4⁰.
Verhandlungen 1901, No. 15—18; 1902, No. 1—6. 4⁰.
Abhandlungen. Bd. XVII, Heft 5; Bd. XIX, Heft 1. 1901/02. fol.
Mitteilungen der Erdbebenkommission. N. F., No. 1—6. 1901. 8⁰.

K. K. Centralanstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus in Wien:

Jahrbücher. Jahrg. 1899 und 1900, N. F., Bd. 36. 37. 1900/02. 4⁰.

K. K. Gesellschaft der Aerzte in Wien:

Wiener klinische Wochenschrift. 1902, No. 2—28. 4⁰.

Anthropologische Gesellschaft in Wien:

Mitteilungen. Bd. 31, Heft 6. 1901. 4⁰.

Zoologisch-botanische Gesellschaft in Wien:

Verhandlungen. Bd. 51 (Jahrg. 1901), No. 9. 10; Bd. 52 (Jahrg. 1902), Heft 1—5. 8⁰.
Abhandlungen. Bd. 1, Heft 3. 4. 1902. 4⁰.

K. K. Hofbibliothek in Wien:

Tabulae codicum manuscriptorum. Vol. 10. 1899. 8⁰.

K. K. naturhistorisches Hofmuseum in Wien:

Annalen. Bd. XVI, No. 1—4. 1901. 4⁰.

v. Kuffner'sche Sternwarte in Wien:

Publikationen. Bd. VI, Teil 1. 1902. 4⁰.

Verein für Nassauische Altertumskunde in Wiesbaden:

Annalen. 32. Bd. 1901. 1902. 4⁰.
Mitteilungen 1901/02, No. 1—4. 1902. 4⁰.

Physikalisch-medizinische Gesellschaft in Würzburg:

Verhandlungen. N. F., Bd. 34, No. 7—11; Bd. 35, No. 1. 1901/02. 8⁰.
Sitzungsberichte. Jahrg. 1900, No. 5; Jahrg. 1901, No. 1—4. 1901. 8⁰.

Schweizerische meteorologische Centralanstalt in Zürich:

Annalen 1899. 36. Jahrg. 1901. 4⁰.

Antiquarische Gesellschaft in Zürich:

Mitteilungen. Bd. XXV, Heft 2. 3. 1901/02. 4⁰.

Naturforschende Gesellschaft in Zürich:

Neujahrsblatt auf das Jahr 1902. 104. Stück. 4⁰.
Vierteljahrsschrift. 46. Jahrg. 1901, Heft 3 und 4. 1902. 8⁰.

Sternwarte in Zürich:

Astronomische Mitteilungen, No. 93. 1902. 8⁰.

Von folgenden Privatpersonen:

Vincenzo Albanese di Boterno in Modica:

Discorso sul divorzio Modica. 1902. 8°.

Prince Albert I de Monaco:

Résultats des campagnes scientifiques. Fasc. XXI. 1902. fol.

St. d'Aristarchi in Constantinopel:

Photii Patriarchae Constantinopeleos Orationes et homiliae. 2 Voll. 1900. 4°.

Verlag von Joh. Ambrosius Barth in Leipzig:

Beiblätter zu den Annalen der Physik. Bd. 26. 1902, No. 1—7. 1902. 8°.

Cl. Freiherr v. Bechtolsheim in München:

Die primären Naturkräfte. Berlin 1902. 4°.

Hugo Bermühler's Verlag in Berlin:

Forschungen zur Geschichte Bayerns. Bd. IX. 1901. 8°.

Lorenzo Michelangelo Billia in Turin:

Difendiamo la famiglia, saggio contro il divorzio. 1902. 8°.

Th. Brédikhine in St. Petersburg:

Sur la comète. 1901, I. 1901. 4°.

Rud. Burckhardt in Basel:

Die Einheit des Sinnesorgansystems bei den Wirbelthieren. Jena 1902. 8°.

E. Dümmler in Berlin:

Jahresbericht über die Herausgabe der Monumenta Germaniae historica. 1902. 4°.

Arthur J. Evans in London:

The Palace of Knossos. Athens 1901. 4°.

Reginald Fessenden in Washington:

Recent Progress in practical and experimental Electricity. 1901. 8°.

Verlag von Gustav Fischer in Jena:

Naturwissenschaftliche Wochenschrift. Bd. 17. 1902, No. 15—39. 4°.

Paul Fournier in Grenoble:

Observations sur diverses recensions de la collection canonique d'Anselme de Lucques. 1901. 8°.

Études sur les Pénitentiels. I. II. III. Macon 1901—02. 8°.

Léon Fredericq in Liège:

Travaux du Laboratoire de Léon Fredericq. Tom. VI. 1900. 8°.

H. Fritsche in St. Petersburg:

Die tägliche Periode der erdmagnetischen Elemente. 1902. 8°.

Adolf Garbell in Berlin:

Langenscheidt's Briefe für das Selbststudium der Russischen Sprache. No. 1—12. 1902. 8⁰.

Albert Gaudry in Paris:

Sur la Similitude des dents de l'homme et de quelques animaux. (Deuxième Note.) 1901. 8⁰.

Madame Vve Godin in Paris:

Le Devoir. Tom. 26. Janvier—Juin 1902. Guise. 8⁰.

Philipp Holitscher in Budapest:

Märchendichtungen. Breslau 1902. 8⁰.

A. v. Koelliker in Würzburg:

Weitere Beobachtungen über die Hofmann'schen Kerne am Mark der Vögel. (Sep.-Abdr.) Jena 1902. 8⁰.

Karl Krumbacher in München:

Byzantinische Zeitschrift. Bd. XI, Heft 1 und 2. Leipzig 1902. 8⁰.

Imprimérie Albert Lanier in Auxerre:

La Chronique de France. 2e année 1901. 8⁰.

Ernst Leyst in Moskau:

Ueber den Regenbogen in Russland. 1901. 8⁰.

Lucy A. Mallory in Portland:

The World's Advance-Thought and the Universal Republic. 1902. 8⁰.

V. J. Modestov in St. Petersburg:

Vvedenie v rimskuju istoriju. Cast pervaja. 1902. 8⁰.

Gabriel Monod in Versailles:

Revue historique. Année XXVII. Tom. 78, No. I. II et Table générale 1896—1900; Tom. 79, No. I. II (Janvier—Août 1902). 8⁰.

Fridtjof Nansen in Christiania:

Some Oceanographical Resultats. Preliminary Report. 1901. 8⁰.

Friedrich Ohlenschlager in München:

Römische Ueberreste in Bayern. Heft 1. 1902. 8⁰.

G. Omboni in Padua:

Appendice alla nota sui denti di Lophiodon del Bolca. Venezia 1902. 8⁰.

Michele Rajna in Mailand:

Sull' escurzione diurna della dechinazione magnetica a Milano. 1902. 8⁰.

Comte Camillo Razoumovsky in Troppau:

Comte Grégoire Razoumovsky (1759—1837). Oeuvres scientifiques posthumes. 1902.

Verlag von Dietrich Reimer in Berlin:

Zeitschrift für afrikanische, oceanische und ostasiatische Sprachen. VI. Jahrg., Heft 1. 1902. 8⁰.

S. Riefler in München:

Das Nickelstahl-Compensations-Pendel D.R.P. No. 100870. 1902. 8⁰.

Dr. Fritz Sano in Antwerpen:

Handelingen van het IV^de Vlaamsch Natuur- en Geneeskundig Congres te Brussel. 30. Sept. 1900. Gent 1900. 4⁰.

L. Scherman in München:

Orientalische Bibliographie. XIV. Jahrg. II. Halbjahresheft. Berlin 1901. 8⁰.

Heinrich von Segesser in Luzern:

Die Quadratur des Kreises. 1902. 8⁰.

Verlag von Seitz & Schauer in München:

Deutsche Praxis. 11. Jahrg. 1902. No. 1—13. 8⁰.

Verlag von B. G. Teubner in Leipzig:

Archiv der Mathematik und Physik. III. Reihe, Bd. 2, Heft 1—4. 1901/02. 8⁰.
Thesaurus linguae latinae. Vol. I, fasc. 4; Vol. II, fasc. 3. 1901. 4⁰.

A. Thieullen in Paris:

Technologie néfaste, industrie de la pierre taillée aux temps préhistoriques. 1902. 4⁰.
Varia. Os travaillés à l'époque de Chelles. 1901. 4⁰.

R. Virchow in Berlin:

Portrait-Münzen und Graf's hellenistische Porträt-Gallerie. 1902. 4⁰.

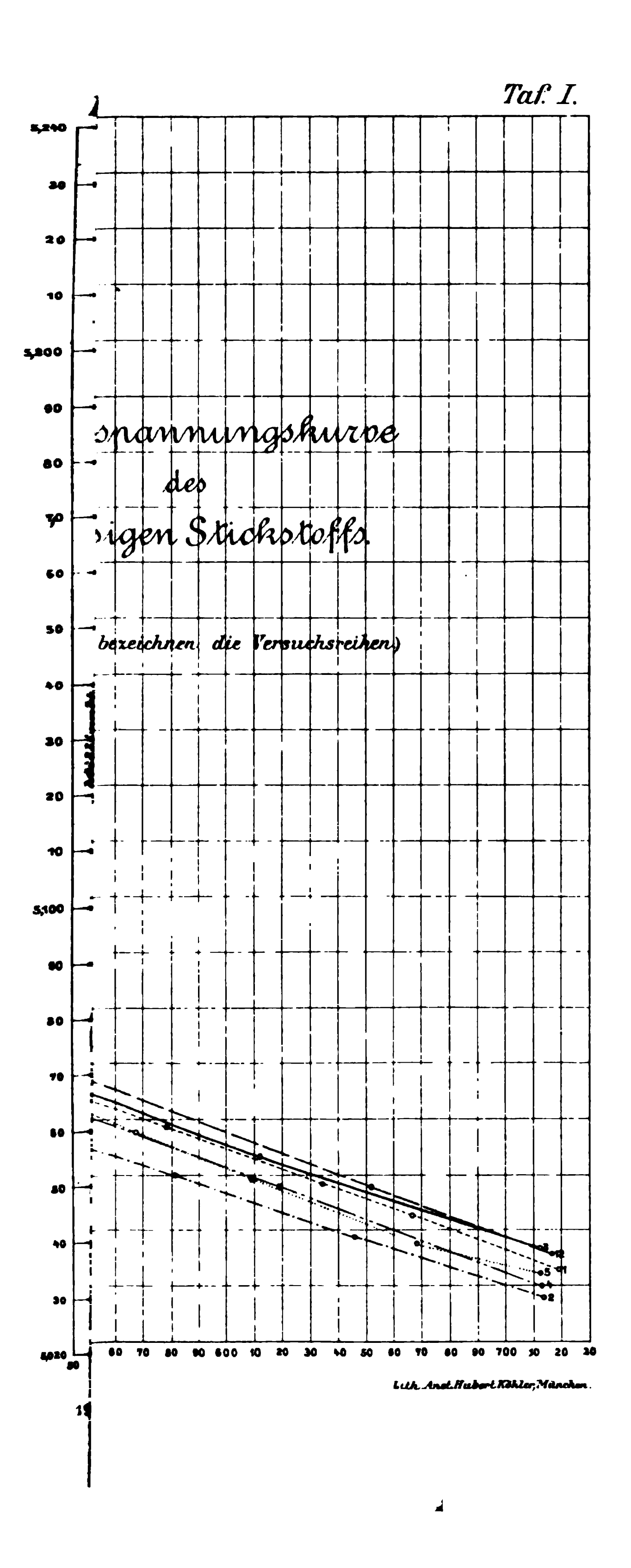
N. Wecklein in München:

Duripidis fabulae ed. R. Prinz und N. Wecklein. Vol. 3, pars 6, Rhesus. 1902. 8⁰.

E. v. Wölfflin in München:

Archiv für lateinische Lexikographie. Bd. XII, 4. 1902. 8⁰.

Taf. I.



Lith. Anst. Hubert Köhler, München.

Oberhessischer Geschichtsverein in Giessen:

Mitteilungen. N. F. Bd. XI. 1902. 8⁰.

K. Gesellschaft der Wissenschaften in Göttingen:

Göttingische gelehrte Anzeigen. 1902, No. 6—12. Berlin. gr. 8.
Abhandlungen. N. F.
a) Philol.-hist. Classe. Bd. V, No. 3. 4; Bd. VI, No. 1—3.
b) Math.-phys. Classe. Bd. II, No. 3. Berlin 1902. 4⁰.
Nachrichten. a) Philol.-hist. Classe. 1902, Heft 3. 4 und Beiheft. 4⁰.
b) Math.-phys. Classe. 1902, Heft 4. 5. 4⁰.
c) Geschäftliche Mitteilungen. 1902, Heft 1. 4⁰.

K. Gesellschaft der Wissenschaften in Gothemburg:

Göteborgs Högskolas Årsskrift. Bd. VII. 1901. 1901. 8⁰.
Handlingar. 4. Folge. Bd. 4. 1902. 8⁰.

Scientific Laboratories of Dension University in Granville, Ohio:

Bulletin. Vol. XI, 11; Vol. XII, 1. 1902. 8⁰.

Universität in Graz:

Die feierliche Inauguration des Rektors für das Jahr 1901/02. 1902. 8⁰.

Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark in Graz:

Mitteilungen. Jahrg. 1901, Heft 38. 1902. 8⁰.

Rügisch-Pommerscher Geschichtsverein in Greifswald:

Pommerische Jahrbücher. Bd. 3. 1902. 8⁰.

Naturwissenschaftlicher Verein für Neu-Vorpommern in Greifswald:

Mitteilungen. 33. Jahrg. 1901. Berlin 1902. 8⁰.

K. Instituut voor de Taal-, Land- en Volkenkunde van Nederlandsch Indië im Haag:

Bijdragen. VI. Reeks. Deel X, afl. 3. 4. 1902. 8⁰.
Naamlijst der leden. 1902. 8⁰.

Teyler's Genootschap in Haarlem:

Archives du Musée Teyler. Sér. II. Vol. 8, partie 1. 1902. 4⁰.

Société Hollandaise des Sciences in Haarlem:

Archives Néerlandaises des sciences exactes. Série II. Tom. 7, livr. 2—5. 1902. 8⁰.
Herdenking van het 150 jarig bestaan. 1902. 8⁰.

Kaiserl. Leopoldinisch-Carolinische Deutsche Akademie der Naturforscher in Halle:

Leopoldina. Heft 38, No. 6—11. 1902. 4⁰.

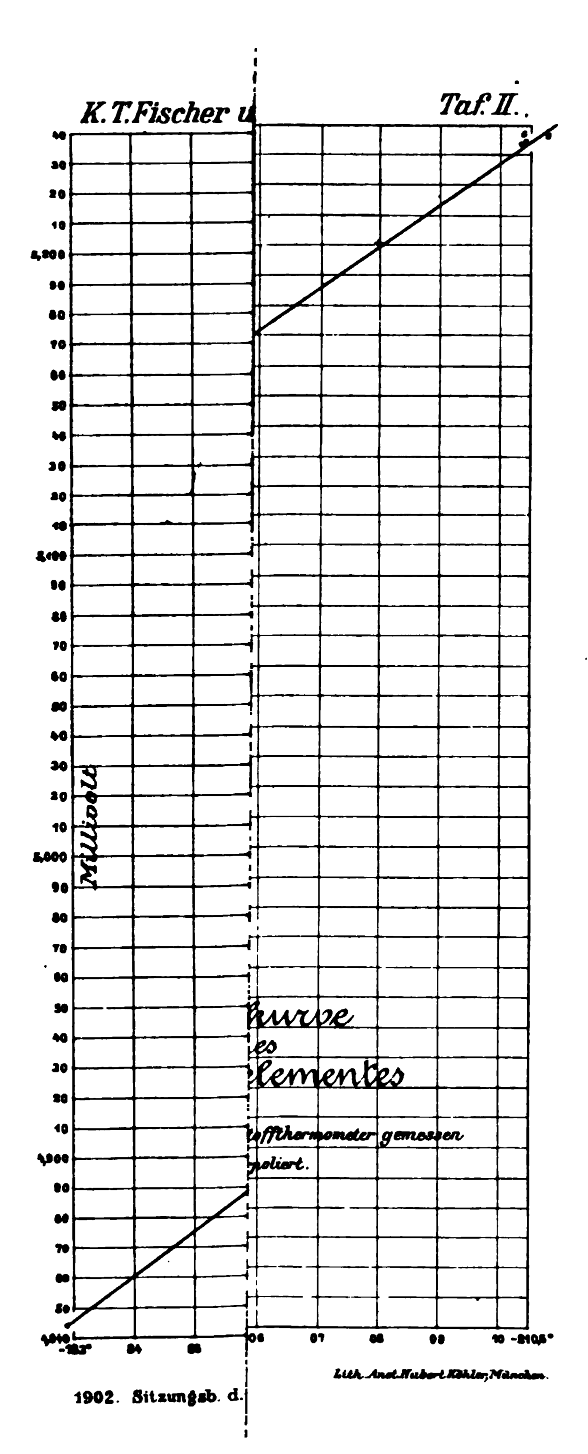
Deutsche morgenländische Gesellschaft in Halle:

Zeitschrift. Bd. 56, Heft 3. Leipzig 1902. 8⁰.
Abhandlungen für die Kunde des Morgenlandes. Bd. XI, 4. Leipzig 1902. 8⁰.

Universität Halle:

Schriften aus dem Jahre 1901/02 in 4⁰ u. 8⁰.


LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY
OF
CALIFORNIA



K. T. Fischer u
Taf. II.
Millivolt
urve
es
lementes
offthermometer gemessen
poliert.
1902. Sitzungsb. d.
Lith. Anst. Hubert Köhler, München.

K. Akademie der Wissenschaften in Amsterdam:

Verhandelingen. Afd. Natuurkunde I. Sectie. Deel IV u. VIII, No. 1. 2; II. Sectie. Deel VIII, No. 1—6; Deel IX, No. 1—3. 1902. 4⁰.
Zittingsverslagen. Afd. Natuurkunde. Jaar 1901/02. Deel X. 1902. 4⁰.
Verslagen. Afd. Letterkunde. 4ᵉ Reks, Deel IV. 1901. 8⁰.
Jaarboek voor 1901. 1902. 8⁰.
Prysvers Centurio. 1902. 8⁰.

Historischer Verein in Ansbach:

49. Jahresbericht. 1902. 4⁰.

Historischer Verein für Schwaben und Neuburg in Augsburg:

Zeitschrift. 28. Jahrg. 1901. 8⁰.

Naturwissenschaftlicher Verein in Augsburg:

35. Bericht. 1902. 8⁰.

Johns Hopkins University in Baltimore:

Circulars. Vol. XXI, No. 159. 160. 1902. 4⁰.
Bulletin of the Johns Hopkins Hospital. Vol. XIII, No. 136—141. 1902. 4⁰.

Peapody Institute in Baltimore:

35th Report 1901/02. 1902. 8⁰.

Maryland Geological Survey in Baltimore:

Maryland Geological Survey. Vol. IV. 1902. 8⁰.

Historisch-antiquarische Gesellschaft in Basel:

Basler Chroniken. Bd. VI. Leipzig 1902. 8⁰.
Basler Zeitschrift für Geschichte. Bd. 2, Heft 1. 1902. 8⁰.

Universitätsbibliothek in Basel:

Schriften der Universität aus dem Jahre 1901/02 in 4⁰ u. 8⁰.

Bataviaasch Genootschap van Kunsten en Wetenschappen in Batavia:

Tijdschrift. Deel 45, afl. 3. 4. 1902. 8⁰.
Notulen. Deel 39, afl. 4, 1901; Deel 40, afl. 1. 1902. 8⁰.
Verhandelingen. Deel 52, stuk 1. 2, 1901; Deel 54, stuk 1; Deel 55, stuk 1. 1902. 4⁰.
Anno 1674. 1902. 4⁰.

Observatory in Batavia:

Observations. Vol. 23. 1900. 1902. fol.
Regenwaarnemingen. 23. Jaarg. 1901. 1902. 4⁰.

K. natuurkundige Vereenigung in Nederlandsch Indië zu Batavia:

Natuurkundig Tijdschrift. Deel 61. Weltevreden 1902. 8⁰.

K. Serbische Akademie der Wissenschaften in Belgrad:

Glas. No. 63. 64. 1901—1902. 8⁰.
Godischniak. XIV. 1900. 1901. 8⁰.
Sbornik. Bd. I. 1902. 8⁰.
Srpski etnografski Sbornik. Bd. III. IV und Atlas. 1902. 8⁰. (Atlas in fol.)

Museum in Bergen (Norwegen):

Aarbog für 1902. Heft 1 und 2. 8⁰.
G. O. Sars, An account on the Crustacea of Norway. Vol. 4, part 7—10. 1902. 4⁰.

K. preuss. Akademie der Wissenschaften in Berlin:

Sitzungsberichte. 1902, No. 23—40. 1902. 8⁰.
Das preussische Münzwesen im 18. Jahrhundert. Beschreibender Teil. Heft I. 1902. 4⁰.

K. geolog. Landesanstalt und Bergakademie in Berlin:

Jahrbuch für 1900. 1901. 8⁰.

Zentralbureau der internationalen Erdmessung in Berlin:

Ergebnisse der Polhöhenbestimmungen in Berlin in den Jahren 1889—1891. Von A. Marcuse. 1902. 4⁰.

Deutsche chemische Gesellschaft in Berlin:

Berichte. 35. Jahrg., No. 13—20. 1902. 8⁰.

Deutsche geologische Gesellschaft in Berlin:

Zeitschrift. Bd. 54, Heft 1. 2. 1902. 8⁰.

Deutsche physikalische Gesellschaft in Berlin:

Die Fortschritte der Physik im Jahre 1901. 3 Bde. Braunschweig 1902. 8⁰.
Verhandlungen. Jahrg. 3, No. 11—14, 1901; Jahrg. 4, No. 1—18, 1902. Leipzig. 8⁰.

Physiologische Gesellschaft in Berlin:

Zentralblatt für Physiologie. Bd. XVI, No. 8—20. Leipzig 1902. 8⁰.
Verhandlungen. Jahrg. 1901—1902, No. 5—16. 8⁰.

Kaiserlich deutsches archäologisches Institut in Berlin:

Jahresbericht über das Jahr 1901. 1902. gr. 8⁰.
Jahrbuch. Bd. XVII, Heft 2. 3. 1902. 4⁰.

K. preuss. geodätisches Institut in Berlin:

Jahresbericht für das Jahr 1901/02. 1902. 8⁰.
Veröffentlichung. N. F. No. 9. 1902. 4⁰.
Lotabweichungen. Heft 2. 1902. 4⁰.

K. preuss. meteorologisches Institut in Berlin:

Bericht über das Jahr 1901. 1902. 8⁰.
Ergebnisse der magnetischen Beobachtungen in Potsdam im Jahre 1900. 1902. 4⁰.
Ergebnisse der Arbeiten am Aëronautischen Observatorium in den Jahren 1900 und 1901. 1902. 4⁰.
Deutsches meteorologisches Jahrbuch für 1901. Heft 2. 1902. 4⁰.
Regenkarte der Provinzen Schleswig-Holstein und Hannover von G. Hellmann. 1902. 8⁰.

Jahrbuch über die Fortschritte der Mathematik in Berlin:

Jahrbuch. Bd. 31, Heft 1—3. 1902. 8⁰.

Verein zur Beförderung des Gartenbaues in den preuss. Staaten in Berlin:

Gartenflora. Jahrg. 1902, Heft 14—24. 8⁰.

Verein für Geschichte der Mark Brandenburg in Berlin:

Forschungen zur Brandenburgischen und Preussischen Geschichte. Bd. XIII, 1. und 2. Hälfte. Leipzig 1900. 1902. 8⁰.

Zeitschrift für Instrumentenkunde in Berlin:
Zeitschrift. XXII. Jahrg., Heft 7—12. 1902. 4⁰.

Allgemeine geschichtsforschende Gesellschaft der Schweiz in Bern:
Jahrbuch für Schweizerische Geschichte. 27. Bd. Zürich 1902. 8⁰.

Société d'Emulation du Doubs in Besançon:
Mémoires. VIIe Série. Vol. 5. 1900. 1901. 8⁰.

Observatorio astronomico nacional in Bogota:
El Cometa de 1901. 1901. 4⁰.

R. Deputazione di storia patria per le Provincie di Romagna in Bologna:
Atti e Memorie. Serie III. Vol. XX, fasc. 1—3. 1902. 8⁰.

Niederrheinische Gesellschaft für Natur- und Heilkunde in Bonn:
Sitzungsberichte 1902. 8⁰.

Universität in Bonn:
Schriften aus dem Jahre 1901/02 in 4⁰ u. 8⁰.

Verein von Altertumsfreunden im Rheinlande in Bonn:
Bonner Jahrbücher. Heft 108. 109. 1902. 4⁰.

Naturhistorischer Verein der preussischen Rheinlande in Bonn:
Verhandlungen. 59. Jahrg., I. Hälfte. 1902. 8⁰.

Société des sciences physiques et naturelles in Bordeaux:
Procès-verbaux des séances. Année 1900—1901. Paris 1901. 8⁰.
Mémoires. VIe Série. Tom. 1. 1901. 8⁰.
Observations pluviométriques 1900—1901. 1901. 8⁰.

Société Linnéenne in Bordeaux:
Actes. Vol. 56. 1901. 8⁰.

Société de géographie commerciale in Bordeaux:
Bulletin. 1902. No. 15—24. 8⁰.

American Academy of Arts and Sciences in Boston:
Proceedings. Vol. 37, No. 15—23. 1902. 8⁰.
Memoirs. Vol. XII, 5. Cambridge 1902. 4⁰.

Meteorologisches Observatorium in Bremen:
Meteorologisches Jahrbuch. XII. Jahrg. 1901. 1902. 4⁰.

Schlesische Gesellschaft für vaterländische Kultur in Breslau:
79. Jahresbericht. 1901. 1902. 8⁰.

Landesmuseum in Brünn:
Zeitschrift. Bd. 2, Heft 1. 2. 1902. gr. 8⁰.
Casopsis. Bd. II, Heft 1. 2. 1902. gr. 8⁰.

Deutscher Verein für die Geschichte Mährens und Schlesiens in Brünn:
Zeitschrift. Jahrg. 6, Heft 4. 1902. 8⁰.

Académie Royale de médecine in Brüssel:

Mémoires couronnés. Tom. XV, fasc. 9. 1902. 8⁰.
Bulletin. Vᵉ Série. Tom. 16, No. 6—9. 1902. 8⁰.

Académie Royale des sciences in Brüssel:

Mémoires des membres in 4⁰. Tom. 54, fasc. 5. 1902. 4⁰.
Mémoires couronnés in 4⁰. Tom. 59, fasc. 3. 1902. 4⁰.
Mémoires couronnés in 8⁰. Tom. 62, fasc. 1—3. 1902. 8⁰.
Bulletin. a) Classe des lettres 1902, No. 4—8. 8⁰.
b) Classe des sciences 1902, No. 4—8. 8⁰.
Documents pour servir à l'histoire des prix par H. van Houtte. 1902. 4⁰.
Le Register de Franciscus Lixaldius pub. par Rachfahl. 1902. 8⁰.

Jardin botanique de l'état in Brüssel:

Bulletin. Vol. 1, No. 1—3. 1902. gr. 8⁰.

Société des Bollandistes in Brüssel:

Analecta Bollandiana. Tom. XXI, 3—4. 1902. 8⁰.

Société belge de géologie in Brüssel:

Bulletin. Tom. XVI année; Tom. XIII, fasc. 3; Tom. XVI, fasc. 2. 3. 1902. 8⁰.

K. ungarische Akademie der Wissenschaften in Budapest:

Almanach. 1902. 8⁰.
Nyelvtudományi Közlemények. (Sprachwissenschaftliche Mitteilungen.) Bd. XXXI, 3. 4; Bd. XXXII, 1. 1901—1902. 8⁰.
Törtenettud. Ertekezések. (Histor. Abhandlungen.) XIX, 6—9. 1901/02. 8⁰.
Archaeologiai Ertesitö. Új folyam. (Archäolog. Anzeiger.) XXI, 3—5; XXII, 1—3. 4⁰.
Nyelvtudomán. Értekezések. (Sprachwissenschaftliche Abhandlungen.) XVII, 9. 10. 1902. 8⁰.
Gróf Eszterházy von Thaly Kálmán. 1901. 8⁰.
Achmed Dzsevdet Evlija Czelebi. Sziachat Nameszi (in türk. Sprache); Karácsonyi J.: A magyar nemzetségek. Bd. II. 1901. 8⁰.
Margalits E.: Repertorium Croaticum. Vol. II. 1902. 8⁰.
Mathematikai Ertesitö. (Mathemat. Anzeiger.) XIX, 3—5; XX, 1. 2. 8⁰.
Mathematikai Közlemények. (Mathem. Mitteilungen.) XXVIII, 1. 1902. 8⁰.
Mathematische und naturwissensch. Berichte aus Ungarn. XVII. Bd. 1899. Leipzig 1901. 8⁰.
Rapport. 1901. 1902. 8⁰.

K. ungar. geologische Anstalt in Budapest:

Mitteilungen aus dem Jahrbuche. Bd. XIV, Heft 1. 2. 1902. 8⁰.
Földtani Közlöny. Bd. 32, Heft 5—9. 1902. 8⁰.
A Magyar Kir. földtani intézet évkönyve. Bd. XII, Heft 1. 1902. 8⁰.

Officina meteorologica Argentina in Buenos Aires:

Anales. Tom. 14. 1901. fol.

Deutsche akademische Vereinigung in Buenos Aires:

Veröffentlichungen. Bd. I, Heft 6. 1902. 8⁰.

Botanischer Garten in Buitenzorg (Java):

Verslag over het jaar 1901. Batavia 1902. 4°.
Mededeelingen. No. LVI—LVIII. 1902. 4°.
Bulletin. No. XII—XV. 1902. 4°.

Academia Romana in Bukarest:

Analele. a) Partea administrativa. Serie II. Tom. 24. 1901—1902.
b) Memoriile secţiunic sciinţifice. Serie II. Tom. 23. 1900—1901.
c) Memoriile secţiunic istorice. Serie II. Tom. 23. 1900—1901.
d) Memoriile secţiunic literare. Serie II. Tom. 23. 1900—1901.
Discursurc de recepţiune. XXIV. 1902. 4°.
Monumentele epigrafice şi sculpturali. Part I. 1902. fol.
Dim. Cantemir, Operele. Tom. 8. 1901. 8°.
Acte şi Documente rel. la istoria renascerei Romăniei. Tom. IX. 1901. 8°.
Memoriu despre Starea Moldovei la 1787 de Comitele d'Hauterive. 1902. 4°.
Istoria Romana de Titus Livius. Tom. II, cartile 7—10. 1901. gr. 8°.

Rumänisches meteorologisches Institut in Bukarest:

Analele XV anul 1899. 1901. fol.

Meteorological Department of the Government of India in Calcutta:

Handbook of Cyclonic Storms. Text and Plates. 2 Vols. 1901. 8°.
Monthly Weather Review 1902. Febr.—June. fol.
Indian Meteorological Memoirs. Vol. XII, part 3. 4. 1902. fol.
Memorandum on the meteorological Conditions prevailing in the Indian Monsoon Region. Simla 1902. fol.
Report on the Administration in 1901/02. 1902. fol.

Asiatic Society of Bengal in Calcutta:

Bibliotheca Indica. New Ser. No. 1005—1014 1902. 8°.
Journal. No. 391; 392; 395—399 und Plates. 1902. 8°.
Proceedings. 1901, No. IX—XI; 1902, No. I—V. 8°.

Museum of comparative Zoology at Harvard College in Cambridge, Mass.:

Bulletin. Vol. 38; Vol. 39, No. 4. 5; Vol. 40, No. 2. 3; Vol. 41, No. 1. 1902. 8°.
Annual Report for 1901/02. 1902. 8°.
Memoirs. Vol. XXVII, 2. 1902. 4°.

Astronomical Observatory of Harvard College in Cambridge, Mass.:

Annals. Vol. 37, No. 2; Vol. 38 und 39, No. 8. 9. 1902. 4°.

Philosophical Society in Cambridge:

Proceedings. Vol. XI, part 6. 1902. 8°.
Transactions. Vol. XIX, 2. 1902. 4°.

Geological Commission, Colony of the Cape of Good Hope in Cape Town:

Annual Report for 1900. 1901. 4°.

Accademia Gioenia di scienze naturali in Catania:

Bullettino mensile. Nuova Ser., fasc. 73. 1902. 8°.

K. sächsisches meteorologisches Institut in Chemnitz:

Dekaden-Monatsberichte. 1901. Jahrg. IV. 1902. 4°.
Jahrbuch 1899. Jahrg. XVII, Abtlg. III. 1902. 4°.

Société des sciences naturelles in Cherbourg:

Mémoires. Tom. 32. Paris 1901—1902. 8⁰.

Academy of sciences in Chicago:

Bulletin. Vol. II, No. III, No. IV, part. 1. 1900. 8⁰.

Field Columbian Museum in Chicago:

Publications. No. 61, 1901; No. 64. 65. 1902. 8⁰.

Zeitschrift „Astrophysical Journal" in Chicago:

Vol. XV, No. 5; Vol. XVI, No. 1—5. 1902. gr. 8⁰.

Fridtjof Nansen Fund for the advancement of science in Christiania:

The Norwegian North Polar-Expedition 1893—1896. Scientific Results. Vol. III. 1902. 4⁰.

Gesellschaft der Wissenschaften in Christiania:

Forhandlingar, aar 1901. 1902. 8⁰.
Skrifter. I. Mathem.-naturwiss. Classe 1901, No. 1—5. II. Histor.-filos. Classe 1901, No. 1—6. 1901. 8⁰.

Naturforschende Gesellschaft Graubündens in Chur:

Jahresbericht. N. F. Bd. 45. 1901/02. 1902. 8⁰.

Lloyd Museum and Library in Cincinnati:

Bulletin. No. 4. 5. 1902. 8⁰.
Mycological Notes No. 9. 1902. 8⁰.

Naturhistorische Gesellschaft in Colmar:

Mitteilungen. N. F. Band. VI. Jahrg. 1901 und 1902. 1902. 8⁰.

Westpreussischer Geschichtsverein in Danzig:

Mitteilungen. Jahrg. 1. 1902. No. 1—4. 8⁰.

Academy of natural sciences in Davenport:

Proceedings. Vol. VIII. 1901. 8⁰.

Colorado Scientific Society in Denver, Colorado:

The Proceedings. Vol. VI. 1897—1900. 1901. 8⁰.

Verein für Anhaltische Geschichte in Dessau:

Mitteilungen. Bd. IX, 4. 1902. 8⁰.

Union géographique du Nord de la France in Douai:

Bulletin. Vol. 23, trimestre 2. 1902. 8⁰.

K. sächsischer Altertumsverein in Dresden:

Neues Archiv für sächsische Geschichte. Bd. XXIII. 1902. 8⁰.

Verein für Erdkunde in Dresden:

F. v. Bellingshausens Forschungsfahrten im Südlichen Eismeer 1819—1821. Leipzig 1902. 8⁰.

Royal Irish Academy in Dublin:

Proceedings. IIId Series. Vol. VI, part 4; Proceedings. Vol. 24, Section A, part 1; Section B, part. 1. 2. 1902. 8⁰.
Transactions. Vol. 32, Section A, parts 3—5; Section B, part 1. 1902. 4⁰.

Pollichia in Dürkheim:

Mitteilungen. Jahrg. 1902, No. 15—17. 1902. 8⁰.

American Chemical Society in Easton, Pa.:

The Journal. Vol. XXIV, No. 7—12. 1902. 8⁰.
25th Anniversary. 1902. 8⁰.

Royal Observatory in Edinburgh:

Annals. Vol. I. 1902. 4⁰.

Royal Society in Edinburgh:

Proceedings. Vol. XXIV, No. 3. 1902. 8⁰.

Royal Physical Society in Edinburgh:

Proceedings. Session 1900—1901. 1902. 8⁰.

Verein für Geschichte der Grafschaft Mansfeld in Eisleben:

Mansfelder Blätter. 16. Jahrg. 1902. 8⁰.

Naturforschende Gesellschaft in Emden:

86. Jahresbericht für 1900/01. 1902. 8⁰.

K. Universitätsbibliothek in Erlangen:

Schriften aus dem Jahre 1901/02 in 4⁰ u. 8⁰.

Reale Accademia dei Georgofili in Florenz:

Atti. IV. Serie. Vol. 25, disp. 2. 1902. 8⁰.

Società Asiatica Italiana in Florenz:

Giornale 1902. Vol. XV. 8⁰.

Senckenbergische naturforschende Gesellschaft in Frankfurt a/M.:

Abhandlungen. Bd. XXV, 3; Bd. XXVII, 1. 1902. 4⁰.
Bericht. 1902. 8⁰.

Physikalische Gesellschaft in Frankfurt a/M.:

Jahresbericht für 1900—1901. 1902. 8⁰.

Breisgau-Verein Schau-ins-Land in Freiburg i. Br.:

Schau-ins-Land 1902. 29. Jahrg. Halbband I. 1902. fol.

Kirchengeschichtlicher Verein in Freiburg i. Br.:

Freiburger Diözesan-Archiv. Register zu Bd. I—XXVII. 1902. 8⁰.

Universität in Freiburg i. Br.:

Schriften aus dem Jahre 1901/02 in 4⁰ u. 8⁰.

Universität Freiburg in der Schweiz:

Collectanea Friburgensia. Fasc. XIII. 1902. 8⁰.

Universität in Genf:

Schriften aus dem Jahre 1901/02.

Société de physique et d'histoire naturelle in Genf:

Mémoires. Vol. 34, fasc. 2. 1902. 4⁰.

Universität in Giessen:

Schriften aus dem Jahre 1901/02 in 4⁰ u. 8⁰.

Oberhessischer Geschichtsverein in Giessen:

Mitteilungen. N. F. Bd. XI. 1902. 8⁰.

K. Gesellschaft der Wissenschaften in Göttingen:

Göttingische gelehrte Anzeigen. 1902, No. 6—12. Berlin. gr. 8.
Abhandlungen. N. F.
a) Philol.-hist. Classe. Bd. V, No. 3. 4; Bd. VI, No. 1—3.
b) Math.-phys. Classe. Bd. II, No. 3. Berlin 1902. 4⁰.
Nachrichten. a) Philol.-hist. Classe. 1902, Heft 3. 4 und Beiheft. 4⁰.
b) Math.-phys. Classe. 1902, Heft 4. 5. 4⁰.
c) Geschäftliche Mitteilungen. 1902, Heft 1. 4⁰.

K. Gesellschaft der Wissenschaften in Gothemburg:

Göteborgs Högskolas Årsskrift. Bd. VII. 1901. 1901. 8⁰.
Handlingar. 4. Folge. Bd. 4. 1902. 8⁰.

Scientific Laboratories of Dension University in Granville, Ohio:

Bulletin. Vol. XI, 11; Vol. XII, 1. 1902. 8⁰.

Universität in Graz:

Die feierliche Inauguration des Rektors für das Jahr 1901/02. 1902. 8⁰.

Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark in Graz:

Mitteilungen. Jahrg. 1901, Heft 38. 1902. 8⁰.

Rügisch-Pommerscher Geschichtsverein in Greifswald:

Pommerische Jahrbücher. Bd. 3. 1902. 8⁰.

Naturwissenschaftlicher Verein für Neu-Vorpommern in Greifswald:

Mitteilungen. 33. Jahrg. 1901. Berlin 1902. 8⁰.

K. Instituut voor de Taal-, Land- en Volkenkunde van Nederlandsch Indië im Haag:

Bijdragen. VI. Reeks. Deel X, afl. 3. 4. 1902. 8⁰.
Naamlijst der leden. 1902. 8⁰.

Teyler's Genootschap in Haarlem:

Archives du Musée Teyler. Sér. II. Vol. 8, partie 1. 1902. 4⁰.

Société Hollandaise des Sciences in Haarlem:

Archives Néerlandaises des sciences exactes. Série II. Tom. 7, livr. 2—5. 1902. 8⁰.
Herdenking van het 150 jarig bestaan. 1902. 8⁰.

Kaiserl. Leopoldinisch-Carolinische Deutsche Akademie der Naturforscher in Halle:

Leopoldina. Heft 38, No. 6—11. 1902. 4⁰.

Deutsche morgenländische Gesellschaft in Halle:

Zeitschrift. Bd. 56, Heft 3. Leipzig 1902. 8⁰.
Abhandlungen für die Kunde des Morgenlandes. Bd. XI, 4. Leipzig 1902. 8⁰.

Universität Halle:

Schriften aus dem Jahre 1901/02 in 4⁰ u. 8⁰.

Thüringisch-sächsischer Verein zur Erforschung des vaterländischen Altertums in Halle:

Neue Mitteilungen. Bd. XXI, 2. 1902. 8⁰.

Stadtbibliothek in Hamburg:

Veröffentlichungen aus dem Jahre 1901 in 4⁰ u. 8⁰.

Verein für Hamburgische Geschichte in Hamburg:

Zeitschrift. Bd. XI, 2. 1902. 8⁰.

Naturwissenschaftlicher Verein in Hamburg:

Abhandlungen. Bd. XVII. 1902. 4⁰.

Historischer Verein für Niedersachsen in Hannover:

Zeitschrift. Jahrg. 1902. Heft 1—3. 8⁰.

Universität Heidelberg:

Schriften der Universität aus dem Jahre 1901/02 in 4⁰ u. 8⁰.

Historisch-philosophischer Verein in Heidelberg:

Neue Heidelberger Jahrbücher. Jahrg. XI, Heft 2. 1902. 8⁰.

Naturhistorisch-medizinischer Verein zu Heidelberg:

Verhandlungen. N. F. Bd. VII, 2. 1902. 8⁰.

Geschäftsführender Ausschuss der Reichslimeskommission in Heidelberg:

Der Obergermanisch-Raetische Limes des Römerreiches. Liefg. XVII. 1902. 4⁰.

Commission géologique de Finlande in Helsingfors:

Bulletin. No. 12. 13. 1902. 8⁰.
Carte géologique à 1:400,000. Section C 2. St. Michel 1902. 8⁰.
Meddelanden från Industristyrelsen Finland. No. 32. 33. 1902. 8⁰.

Universität Helsingfors:

Schriften aus dem Jahre 1901/02 in 4⁰ u. 8⁰.

Siebenbürgischer Verein für Naturwissenschaften in Hermannstadt:

Verhandlungen und Mitteilungen. 51. Jahrg. 1901. 1902. 8⁰.

Verein für Sachsen-Meiningische Geschichte in Hildburghausen:

Schriften. Heft 41 und 42. 1902. 8⁰.

Ferdinandeum in Innsbruck:

Zeitschrift. 3. Folge. Bd. 46. 1902. 8⁰.

Naturwissenschaftlich-medizinischer Verein in Innsbruck:

Berichte. XXVII. Jahrg. 1901/02. 1902. 8⁰.

Journal of Physical Chemistry in Ithaca, N.Y.:

The Journal. Vol. 6, No. 4—9. 1902. gr. 8⁰.

Medizinisch-naturwissenschaftliche Gesellschaft in Jena:

Denkschriften. Bd. IX, Liefg. 1. Text und Atlas. 1902. fol.
Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaft. Bd. 36, Heft 3. 4; Bd. 37, Heft 1. 1902. 8⁰.

Gelehrte Estnische Gesellschaft in Jurjew (Dorpat):

Sitzungsberichte 1901. 1902. 8⁰.

Naturforschende Gesellschaft bei der Universität Jurjew (Dorpat):

Archiv für die Naturkunde Liv-, Ehst- und Kurlands. II. Serie. Biologische Naturkunde. Bd. XII, 1. 1902. 8⁰.

Badische Historische Kommission in Karlsruhe:

Oberrheinische Stadtrechte. I. Abt., Heft 6. Heidelberg 1902. 8⁰.
Zeitschrift für die Geschichte des Oberrheins. N. F. Bd. XVII, 3. 4. Heidelberg 1902. 8⁰.
Neujahrsblätter 1903. Heidelberg. 8⁰.
Bericht über die 21. Plenarversammlung. Heidelberg 1902. 8⁰.

Zentralbureau für Meteorologie etc. in Karlsruhe:

Jahresbericht für das Jahr 1901. 1902. 4⁰.

Grossherzoglich technische Hochschule in Karlsruhe:

Schriften aus dem Jahre 1901/02 in 4⁰ u. 8⁰.

Grossh. badische Staats-Altertümersammlung in Karlsruhe:

Veröffentlichungen. 3. Heft. 1002. 4⁰.

Naturwissenschaftlicher Verein in Karlsruhe:

Verhandlungen. XV. Band. 1901—1902. 1902. 8⁰.

Société physico-mathématique in Kasan:

Bulletin. IIᵉ Série. Tom. XI, No. 1—4; Tom. XII, No. 1. 1901—1902. 8⁰.

Universität Kasan:

Schriften aus dem Jahre 1901/02 in 4⁰ u. 8⁰.
Utschenia Sapiski. Bd. 69, Heft 5–8. 11. 1902. 8⁰.

Verein für Naturkunde in Kassel:

Abhandlungen und Bericht XLVII. 1902. 8⁰.

Société mathématique in Kharkow:

Communications. 2ᵉ Série. Tom. VII, No. 6. 1902. gr. 8⁰.

Université Impériale in Kharkow:

Annales 1902. Vol. 2—4. 8⁰.

Gesellschaft für Schleswig-Holsteinische Geschichte in Kiel:

Zeitschrift. Bd. XXXII. 1902. 8⁰.

Kommission zur wissenschaftl. Untersuchung der deutschen Meere in Kiel:

Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen. N. F. Bd. VI. Abteilung Kiel. 1902. fol.

K. Universität in Kiel:

Schriften aus dem Jahre 1901/02 in 4⁰ u. 8⁰.

Naturwissenschaftliche Gesellschaft in Kiew:

Sapiski. Bd. XVII, 1. 1901. 8⁰.

Botanischer Garten in Kiew:

Index Kewensis. Fasc. II. Bruxelles 1902. 4⁰.

Universität in Kiew:

Iswestija. Vol. 42, No. 3. 5—10. 1902. 8⁰.

Geschichtsverein für Kärnten in Klagenfurt:

Jahresbericht über 1901. 1902. 8⁰.
Carinthia I. 92. Jahrg. No. 1–6. 1902. 8⁰.

Siebenbürgischer Museumsverein in Klausenburg:

Sitzungsberichte der medizin.-naturwissenschaftl. Sektion. 27. Jahrg. Bd. XXIV, Abt. I, Heft 1. 2. 1902. 8⁰.

Stadtarchiv in Köln:

Mitteilungen. Heft 31. 1902. 8⁰.

Universität in Königsberg:

Schriften aus dem Jahre 1901/02 in 4⁰ u. 8⁰.

K. Akademie der Wissenschaften in Kopenhagen:

Oversigt. 1902. No. 2—5. 8⁰.
Mémoires. Section des sciences. Série VIᵉ. Tom. X, 4; Tom. XI, 2—4; Tom. XII, 1. 2. 1902. 4⁰.

Akademie der Wissenschaften in Krakau:

Anzeiger. Juni und Juli 1902, 4 Hefte. 8⁰.
a) histor.-filoz. Serie II. Tom. 16. 18.
b) matemat. Serie II. Tom. 19. 1902. 8⁰.
Sprawozdanie. Vol. VII, 7. 1902. 8⁰.
Katalog literatury naukowej polskiej. Tom. II, 1. 2. 1902. 8⁰.

Historischer Verein in Landshut:

Verhandlungen. 38. Bd. 1902. 8⁰.

Société Vaudoise des sciences naturelles in Lausanne:

Bulletin. 4ᵉ Série. Vol. 38, No. 144. 1902. 8⁰.

Société d'histoire de la Suisse romande in Lausanne:

Mémoires et Documents. II. Série. Tom. 4, livr. 2; Tom 5. 1902. 8⁰.

Kansas University in Lawrence, Kansas:

Bulletin. Vol. 2, No. 8. 1902. 8⁰.

Maatschappij van Nederlandsche Letterkunde in Leiden:

Tijdschrift. N. S. Deel XX, 3. 4; Deel XXI, 1. 2. 1901—1902. 8⁰.
Handelingen en Mededeelingen, jaar 1901—1902. 1902. 8⁰.
Levensberichten 1901—1902. 1902. 8⁰.

Sternwarte in Leiden:

Annalen. Bd. VIII. Haag 1902. 4⁰.
Untersuchungen über den Lichtwechsel Algols von Anton Pannekoek. 1902. 4⁰.
Catalogus der Bibliothek. s'Gravenhage 1902. 8⁰.

K. Gesellschaft der Wissenschaften in Leipzig:

Abhandlungen der math.-phys. Classe. Bd. XXVII, No. 7—9. 1902. 4⁰.
Berichte der philol.-hist. Classe. Bd. 54, No. 1. 2. 1902. 8⁰.
Berichte der math.-phys. Classe. Bd. 54, No. 3—5 und Sonderheft. 1902. 8⁰.

University of Nebraska in Lincoln:

15th annual Report. 1902. 8⁰.
Bulletin. No. 69. 70; 72—74. 1901—1902. 8⁰.

Verein für Geschichte des Bodensees in Lindau:

Bodensee-Forschungen. IX. Abschnitt (die Vegetation des Bodensees). II. Teil. Lindau 1902. 8⁰.

Museum Francisco-Carolinum in Linz:

60. Jahresbericht. 1902. 8⁰.

Royal Institution of Great Britain in London:

Proceedings. Vol. XVI, 3. 1902. 8⁰.

The English Historical Review in London:

Historical Review. No. 67 und 68; Vol. XVII. 1902. 8⁰.

Royal Society in London:

Report to the Malaria Committee. 7th Series. 1902. 8⁰.
Proceedings. Vol. 70, No. 463—469. 1902. 8⁰.
Philosophical Transactions. Series A. Vol. 197. 198; Series B. Vol. 174. 1901. 4⁰.

R. Astronomical Society in London:

Monthly Notices. Vol. 62, No. 8. 9; Vol. 63, No. 2. 1902. 8⁰.

Chemical Society in London:

Journal. No. 477 (August 1902) bis No. 482 (Jan. 1903). 8⁰.
Proceedings. Vol. 18, No. 255—257. 1902. 8⁰.

Linnean Society in London:

Proceedings. 114th Session November 1901 to June 1902. London. 8⁰.
The Journal. a) Botany. Vol. 35, No. 245; b) Zoology. Vol. 28, No. 179 bis 180. London 1902. 8⁰.
The Transactions. 2nd Series. Zoology. Vol. VIII, part 5—8; Botany. Vol. VI, part 2. 3. 1902. 4⁰.

R. Microscopical Society in London:

Journal 1902. Part 4—6. 8⁰.

Zoological Society in London:

Proceedings. 1902. Vol. I, part 1. 2; Vol. II, part 1 und Index. 1891—1900. 1902. 8⁰.
Transactions. Vol. XVI, 6. 7. 1902. 8⁰.

Zeitschrift „Nature“ in London:

Nature. No. 1705—1730. 4⁰.

Société géologique de Belgique in Lüttich:

Annales. Tom. 29, livr. 3. 1902 8⁰.

Société Royale des Sciences in Lüttich:

Mémoires. IIIe Série. Tom. 4. Bruxelles 1902. 8^0.

Universität in Lund:

Acta Universitatis Lundensis. Tom. XXXVII, Abt. I. II. 1901. 4^0.

Historischer Verein der fünf Orte in Luzern:

Der Geschichtsfreund. Bd. 57. Stans 1902. 8^0.

Académie des sciences in Lyon:

Le deuxiéme Centenaire de l'Académie des sciences de Lyon. 2 Vols. 1900—1901. 8^0.
Mémoires. Sciences et Lettres. IIIe Série. Tom. 6. Paris 1901. 8^0.

Société d'agriculture, science et industrie in Lyon:

Annales. VIIe Sér. Tom. 7, 1899; Tom. 8, 1900. 1901. 8^0.

Société Linnéenne in Lyon:

Annales. Tom. 47. 48 (1900. 1901). 1901. 8^0.

Université in Lyon:

Annales. I. Sciences. Fasc. 8. 9. 1902. 8^0.

R. Academia de la historia in Madrid:

Boletin. Tom. 41, cuad. 1—6. 1902. 8^0.

Naturwissenschaftlicher Verein in Magdeburg:

Jahresbericht und Abhandlungen 1900—1902. 1902. 8^0.

R. Istituto Lombardo di scienze in Mailand:

Rendiconti. Serie. II. Vol. 34. 1901. 8^0.
Memorie. Classe di scienze matematiche. Vol. 19, fasc. 5—8. 1902. 4^0.

Comitato per le Onoranze a Francesco Brioschi in Mailand:

Opere matematiche di Francesco Brioschi. Tom. II. 1902. 4^0.

Società Italiana di scienze naturali in Mailand:

Atti. Vol. 41, fasc. 2. 3. 1902. 8^0.

Società Storica Lombarda in Mailand:

Archivio Storico Lombardo. Serie III, fasc. 34. 35. Anno 29. 1902. 8^0.

Literary and philosophical Society in Manchester:

Memoirs and Proceedings. Vol. 47, part 1. 1902. 8^0.

Universität in Marburg:

Schriften aus dem Jahre 1901/02 in 4^0 u. 8^0.

Faculté des sciences in Marseille:

Annales. Tom. XII. Paris 1902. 4^0.

Hennebergischer altertumsforschender Verein in Meiningen:

Neue Beiträge zur Geschichte deutschen Altertums. Heft 16 und 17. 1902. 8^0.

Royal Society of Victoria in Melbourne:

Proceedings. Vol. XV. (New Series.) Part 1. 1902. 8^0.

Observatorio meteorológico-magnético central in México:

Boletin mensual. 1901. Agosto—Octobre. 4⁰.

Observatorio astronómico nacional de Tacubaya in Mexico:

Informes presentados a la Secretaria de fomento. 3 voll. 1902. 8⁰.

Sociedad cientifica „Antonio Alzate“ in Mexico:

Memorias y revista. Tomo XVI, No. 4—6. 1902. 8⁰.

University of Missouri:

Studies. Vol. I, No. 2. Columbia 1902. 8⁰.

Internationales Tausch-Bureau der Republik Uruguay in Montevideo:

Propiedad y tesoro de la Républica Oriental del Uruguay desde 1876 à 1881. 1886. 4⁰.

Académie de sciences et lettres in Montpellier:

Mémoires. Section des sciences. 2ᵉ Série. Tom. III, No. 1. 1901. 8⁰.
Catalogue de la Bibliothèque. 1901. 8⁰.

Lazarev'sches Institut für Orientalische Sprachen in Moskau:

Arbeiten zur Kunde des Ostens (in russ. Sprache). Bd. XI. 1902. 8⁰.

Société Impériale des Naturalistes in Moskau:

Bulletin. Année 1901, No. 3. 4. 1902. gr. 8⁰.

Mathematische Gesellschaft in Moskau:

Matematitscheskij Sbornik. Bd. XXII, 2—4; Bd. XXIII, 1. 2. 1901 bis 1902. 8⁰.

Lick Observatory in Mount Hamilton, California:

Bulletin. No. 20—26. 1902. 4⁰.

Statistisches Amt der Stadt München:

Münchener Jahresübersichten für 1901. 1902. 4⁰.
Die Volk- und Wohnung-Zählung. Teil III. 1902. 4⁰.

Hydrotechnisches Bureau in München:

Jahrbuch 1901. Teil II, Heft 4; 1902, Heft 1—3. 4⁰.

Generaldirektion der k. b. Posten und Telegraphen in München:

Preisverzeichnis der Zeitungen. I. Abt. und 7 Nachträge. 1902. fol.

K. bayer. technische Hochschule in München:

Personalstand. Winter-Semester 1902/03. 1902. 8⁰.

Metropolitan-Kapitel München-Freising in München:

Amtsblatt der Erzdiözese München und Freising. 1902, No. 17—30. 8⁰.

Universität in München:

Schriften aus dem Jahre 1902 in 4⁰ u. 8⁰.
Amtliches Verzeichnis des Personals. Winter-Semester 1902/03. 1902. 8⁰.

Aerztlicher Verein in München:

Sitzungsberichte. Bd. XI, 1901. 1902. 8⁰.

Bayer. Dampfkesselrevisions-Verein in München:

Jahresbericht für das Jahr 1901. 1902. gr. 8⁰.

Historischer Verein in München:

Oberbayerisches Archiv. Bd. 51, Heft 2. 1902. 8⁰.
Altbayerische Monatsschrift. Jahrg. III, Heft 6. 1902. 4⁰.

Verlag der Hochschul-Nachrichten in München:

Hochschul-Nachrichten. No. 142—144. 146. 147. 1902. 4⁰.

Académie de Stanislas in Nancy:

Mémoires. Année 151. 5ᵉ Série. Tom. 18. 1901. 8⁰.

Société des sciences in Nancy:

Bulletin. Série III, tom. 2, fasc. 3. 4; tom. 3, fasc. 1. 1901—1902. 8⁰.

Accademia delle scienze fisiche e matematiche in Neapel:

Rendiconto. Serie III. Vol. VII, fasc. 6. 7. 1902. 8⁰.

Historischer Verein in Neuburg a/D.:

Neuburger Kollektaneen-Blatt. 64. Jahrg. 1902. 8⁰.

Institute of Engineers in New-Castle (upon-Tyne):

Transactions. Vol. 51, part 3. 4; Vol. 52, part 1. 1902. 8⁰.
Annual Report for the year 1901/02. 1902. 8⁰.

The American Journal of Science in New-Haven:

Journal. IV. Ser. Vol. 14, No. 80—84. 1902. 8⁰.

American Oriental Society in New-Haven:

Journal. Vol. XXII, 1. 1902. 8⁰.

American Museum of Natural History in New-York:

Bulletin. Vol. XVII, 1 und 2. 1902. 8⁰.
Annual Report for the year 1901. 8⁰.

American Geographical Society in New-York:

Bulletin. Vol. 34, No. 3. 4. 1902. 8⁰.

Nederlandsche botanische Vereeniging in Nijmegen:

Prodromus Florae Batavae. Vol. I, pars 2. 1902. 8⁰.
Nederlandsch kruidkundig Archief. III. Serie. Deel 2, stuk 3. 1902. 8⁰.

Archaeological Institut of America in Norwood, Mass.:

American Journal of Archaeology. II. Series. Vol. VI, 2—4 und Suppl. zu Vol. VI. 1902. 8⁰.

Naturhistorische Gesellschaft in Nürnberg:

Abhandlungen. Bd. IV. 1902. 8⁰.
Jahresbericht für 1900. 1901. 8⁰.

Verein für Geschichte und Landeskunde in Osnabrück:

Mitteilungen. 26. Bd., 1901. 1902. 8⁰.

Geological Survey of Canada in Ottawa:

Catalogue of Canadian Plants. Part VII. 1902. 8⁰.
The Dominion of Canada Western Sheet No. 783. 1902.

Royal Society of Canada in Ottawa:

Proceedings and Transactions. IIᵈ Series. Vol. VII. 1901. 8⁰.

R. Accademia di scienze in Padua:

Rivista periodica. No. 36—65 (1870—1884). 8⁰.
Indice generale zu 1779—1899/1900. 1901. 8⁰.
Elenco delle Publicazioni periodiche dal 1779 al presente. 1902. 8⁰.
Atti e Memorie. Anno 259 (1893—1894). Nuova Serie. Vol. 10. 1894. 8⁰.

Redaction der Zeitschrift „Rivista di storica antica" in Padua:

N. S. Anno VI, fasc. 3. 4. 1902. 8⁰.

Reale Accademia di scienze, lettere e belle arti in Palermo:

Atti. Serie III. Vol. 6. Anno 1900—1901. 1902. 4⁰.

Circolo matematico in Palermo:

Rendiconti. Tomo XVI, 3—6. 1902. 8⁰.

Collegio degli Ingegneri in Palermo:

Atti 1902. (Genuaio—Luglio.) 1902. 4⁰.

Académie de médecine in Paris:

Rapport annuel de la commission de l'hygiéne pour l'année. 1900 et 1901. 8⁰.
Rapport sur les vaccinations pour l'année 1899 et 1900. Melun 1900 bis 1901. 8⁰.
Bulletin 1902. No. 27—43. 8⁰.

Académie des sciences in Paris:

Comptes rendus. Tom. 135, No. 1—26. 1902. 4⁰.

École polytechnique in Paris:

Journal. 2ᵉ Série. Cahier 7. 1902. 4⁰.

Comité international des poids et mesures in Paris:

Travaux et Mémoires. Tom. XII. 1902. 4⁰.
Procès-verbaux des séances. IIᵉ Série. Tom. 1. Session de 1901. 1902. 8⁰.

Institut de France in Paris:

Annuaire pour 1902. 8⁰.

Comité du Cinquantenaire scientifique de M. Berthelot à Paris:

Cinquantenaire scientific de M. Berthelot. 24. Novembre 1901. 1902. 4⁰.

Moniteur Scientifique in Paris:

Moniteur. Livr. 728—732. 1902. 4⁰.

Musée Guimet in Paris:

Annales in 4⁰. Tom. XXX, 1. 2. 1902. 4⁰.
Annales. Bibliothèque d'études. Tom. 10. 13. 1901. 8⁰.
Revue de l'histoire des réligions. Tom. 43, No. 3; Tom. 44, No. 1—3; Tom. 45, No. 1. 3. 1901—1902. 8⁰.

Muséum d'histoire naturelle in Paris:

Bulletin. Année 1901, No. 4—8; 1902, No. 1—4. 1901—1902. 8⁰.
Nouvelles Archives. IVᵉ Série. Tom. 2 und 3; Tom. 4, fasc. 1. 1900 bis 1902. 4⁰.

Société d'anthropologie in Paris:

Bulletins. 5ᵉ Série. Tom. 2, 1901, fasc. 2—6; 1902, fasc. 1. 2. 8⁰.

Société de géographie in Paris:

La Géographie. Année 1902, No. 7. Juillet. 4⁰.

Société mathématique de France in Paris:

Bulletin. Tom. 30, fasc. 2. 3. 1902. 8⁰.

Académie Impériale des sciences in St. Petersburg:

Comptes rendus des séances de la Commission Sismiquae. Année 1902. Livr. 1. 1902. 4⁰.
Catalogue de l'Académie Imp. des sciences I. 1902. 8⁰.
Annuaire du Musée zoologique. 1902. Tom. VII, No. 1—2. 8⁰.
Iswestija. Tom. 13, No. 4. 5; Tom. 14, No. 1—5; Tom. 15, No. 1—5; Tom. 16, No. 1—3. 1900—1902. 4⁰.

Comité géologique in St. Petersburg:

Bulletins. Vol. XX, No. 7—10; Vol. XXI, No. 1—4. 1901—1902. 8⁰.
Mémoires. Vol. XV, 4; Vol. XVII, 1. 2; Vol. XVIII, 3; Vol. XIX, 1 et XX, 2. 1902. 4⁰.

Kaiserl. Botanischer Garten in St. Petersburg:

Acta. Vol. XIX, fasc. 3. 1902. gr. 8⁰.

Kaiserl. mineralogische Gesellschaft in St. Petersburg:

Verhandlungen. II. Serie. Bd. 39, Liefg. 2. 1902. 8⁰.

Physikal.-chemische Gesellschaft an der kais. Universität St. Petersburg:

Schurnal. Tom. XXXIV, Heft 5—8. 1902. 8⁰.

Physikalisches Zentral-Observatorium in St. Petersburg:

Annalen 1900. Teil I. II. 1902. 4⁰.

Historisch-philologische Falkultät der kaiserlichen Universität St. Petersburg:

Sapiski. Bd. L, No. 3; Bd. LIV, No. 2. 3; Bd. LXIV; Bd. LXV, No. 1—3; Bd. LXVI. 1902. 4⁰.

Academy of natural Sciences in Philadelphia:

Proceedings. Vol. 53, part 3; Vol. 54, part 1. 1902. 8⁰.

Historical Society of Pennsylvania in Philadelphia:

The Pennsylvania Magazine of History. Vol. 26, No. 103. 1902. 8⁰.

Alumni Association of the College of Pharmacy in Philadelphia:

Alumni Report. Vol. 38, No. 7—12. 1902. 8⁰.

American Philosophical Society in Philadelphia:

Proceedings. Vol. 41, No. 168. 169. 1902. 8⁰.

R. Scuola normale superiore di Pisa:

Annali. Filosofia e filologia. Vol. XV. 1902. 8⁰.

Società Toscana di scienze naturali in Pisa:

Atti. Memorie. Vol. XVIII. 1902. 4⁰.

Società Italiana di fisica in Pisa:

Il nuovo Cimento. Serie V. Tom. 3 (Juni); Tom. 4 (Juli—Nov.). 1902. 8⁰.

Altertumsverein in Plauen:

Mitteilungen. 15. Jahresschrift für 1901—1902. 1902. 8°.
Das Amt Plauen von C. v. Raab. 1902. 8°.

Maharaja Takhtasingji Observatory in Poona:

Publications. Vol. I. Bombay 1902. 4°.

Gesellschaft zur Förderung deutscher Wissenschaft, Kunst und Literatur in Prag:

Czapek, Untersuchungen über die Stickstoffgewinnung der Pflanzen. Braunschweig 1902. 8°.
Czapek, Zur Kenntnis der Stickstoffversorgung bei Aspergillus niger. Berlin 1902. 8°.
Bibliothek deutscher Schriftsteller aus Böhmen. Bd. 13. 1902. 8°.

Museum des Königreichs Böhmen in Prag:

Bericht für das Jahr 1901. 1902. 8°.
Časopis. Bd. 76 (1902), Heft 2—4. 8°.

Société des amis des antiquités bohèmes in Prag:

Jan Herain et J. Matiegka, Tycho Brahe. 1902. 8°.

Verein für Geschichte der Deutschen in Böhmen in Prag:

Mitteilungen. Bd. 40, Heft 1—4 und Festschrift zum 40jährigen Bestande. 1902. 8°.

Verein für Natur- und Heilkunde in Pressburg:

Verhandlungen. Bd XXXII. Jahrg. 1901. 1902. 8°.

Naturforscher-Verein in Riga:

Korrespondenzblatt. No. XLV. 1902. 8°.

Museu nacional in Rio de Janeiro:

Archivos. Vol. X. XI. 1899—1901. 4°.

Bibliotheca nacional in Rio de Janeiro:

Magalhães, A Confederação dos Tamoyos. Poema 1856. 4°.
Relatorio apresentado pelo Director da Bibliotheca Nacional em 1901. 1901. 4°.

Observatorio in Rio de Janeiro:

Annuario 1902. Anno XVII. 8°.
Boletim mensal. Julho—Dez. 1901; Janeiro—Junho 1902. 1902. 4°.

Reale Accademia dei Lincei in Rom:

Atti. Serie V. Classe di scienze morali. Vol. X, parte 2, fasc. 4—9. Notizie degli scavi. 1902. 4°.
Rendiconti. Classe di scienze morali. Serie V, Vol. XI, fasc. 5—10. 1902. 8°.
Atti. Serie V, Rendiconti. Classe di scienze fisiche. Vol. 40, 1° semestre, fasc. 12; 2° semestre, fasc. 1—11. 1902. 4°.
Rendiconto dell' adunanza solenne del 1. Giugno 1902. Vol. II. 1902. 4°.

Accademia Pontificia de' Nuovi Lincei in Rom:

Atti. Anno 55. 1901—1902. Sessione I—VII. 1902. 4°.

R. Comitato geologico d'Italia in Rom:

Bollettino. Vol. 33, No. 1—3. 1902. 8⁰.

Kaiserl. deutsches archäologisches Institut (röm. Abt.) in Rom:

Mitteilungen. Bd. XVII, Heft 1. 2 und Register zu Bd. I—X. 1902. 8⁰.

Ufficio centrale meteorologico italiano in Rom:

Annali. Serie II. Vol. XIII, 1; Vol. XVIII, 1. 1901—1902. 4⁰.

K. italienische Regierung in Rom:

Le Opere di Galilei. Vol. XII. Firenze 1902. 4⁰.

R. Società Romana di storia patria in Rom:

Archivio. Vol. XXV, fasc. 1. 2. 1902. 8⁰.

Universität Rostock:

Schriften aus dem Jahre 1901/02 in 4⁰ u. 8⁰.

Académie des sciences in Rouen:

Précis des travaux. Année 1900—1901. 1902. 8⁰.

R. Accademia di scienze degli Agiati in Rovereto:

Atti. Serie III. Vol. 8, fasc. 2. 1902. 8⁰.

École française d'Extrême-Orient in Saigon:

Bulletin. Tom. IV, No. 2. 3. Hanoi 1902. gr. 8⁰.

Gesellschaft für Salzburger Landeskunde in Salzburg:

Mitteilungen. 42. Vereinsjahr. 1902. 8⁰.

Historischer Verein in St. Gallen:

Mitteilungen zur vaterländischen Geschichte. Bd. XXVIII. 3. Folge. 1902. 8⁰.
Neujahrsblatt 1902. 4⁰.

Missouri Botanical Garden in St. Louis:

13th annual report. 1902. 8⁰.

Instituto y Observatorio de marina de San Fernando (Cadiz):

Almanaque nautico para el año 1904. 1902. 4⁰.

Californio Academy of Sciences in San Francisco:

Occasional Papers. Vol. VIII. 1901. 8⁰.
Proceedings. Zoology, Vol. II, No. 9—11; Vol. III, No. 1—4; Botany, Vol. II, No. 3—9. 1902. 8⁰.

Verein für mecklenburgische Geschichte in Schwerin:

Jahrbücher und Jahresberichte. 67. Jahrg. 1902. 8⁰.

K. K. archäologisches Museum in Spalato:

Bullettino di Archeologia. Anno XXV, 1902, No. 6—11. 8⁰.

K. Vitterhets Historie och Antiquitets Akademie in Stockholm:

Månadsblad. 26. Jahrg. 1897. 1902. 8⁰.

K. Akademie der Wissenschaften in Stockholm:

Jac. Berzelius-Själfbiografiska Anteckningar. 1902. 8⁰.
Minnefesten öfver Berzelius. 1901. 8⁰.
N. C. Dunér, Tal.. Tycho Brahe. 1901. 8⁰.
Meteorologiska Jakttagelser i Sverige. 1897, Bd. 39. 1902. 4⁰.
Öfversigt. Vol. 58 (1901). 1901—1902. 8⁰.
Handlingar. N. F. Bd. 35. 1901—1902. 8⁰.
Bihang til Handlingar. Vol. 27. 1901—1902. 8⁰.

Geologiska Förening in Stockholm:

Förhandlingar. Bd. 24, Heft 5—6. 1902. 8⁰.

Institut Royal géologique in Stockholm:

Sveriges geologiska undersöckning. Sér. Aa, No. 115. 117; Sér. Ac, No. 1 bis 4. 6; Sér. Ba, No. 6; Sér. Bb, No. 9; Sér. C, No. 172. 180. 183 bis 192; Sér. Ca, No. 1. 2. 1902. 8⁰.

Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften in Strassburg:

Monatsbericht. Tom. 36, 1902, No. 6—9. 8⁰.

Kaiserl. Universität in Strassburg:

Schriften aus dem Jahre 1901/02 in 4⁰ u. 8⁰.

K. württemberg. Kommission für die internationale Erdmessuug in Stuttgart:

Relative Schweremessungen II. von K. R. Koch. 1902. 8⁰.

Württembergische Kommission für Landesgeschichte in Stuttgart:

Vierteljahreshefte für Landesgeschichte. N. F. XI. Jahrg., 1902, Heft 1 bis 4. 8⁰.

K. württemb. statistisches Landesamt in Stuttgart:

Württembergische Jahrbücher für Statistik und Landeskunde. 1902. 4⁰.
Statistisches Handbuch für das Königreich Württemberg. 1902. 8⁰.

West Hendon House Observatory in Sunderland:

Publications No. II. 1902. 4⁰.

Department of Mines and Agriculture of New-South-Wales in Sydney:

Annual Report for the year 1901. 1902. fol.
Handbook to the Mining and Geological Museum, by George W. Card. 1902. 8⁰.

Geological Survey of New-South-Wales in Sydney:

Records. Vol. VII, 2. 1902. 4⁰.

Royal Society of New-South-Wales in Sydney:

Journal and Proceedings. Vol. 35. 1901. 8⁰.

Linnean Society of New-South-Wales in Sydney:

The Proceedings. Vol. XXV, 1—4; Vol. XXVI, 1—4; Vol. XXVII, 1. 1900 bis 1902. 8⁰.

Earthquake Investigation Committee in Tokyo:

Publications No. 8. 9. 1902. 4⁰.

Deutsche Gesellschaft für Natur- und Völkerkunde Ostasiens in Tokyo:

Geschichte des Christentums in Japan von Hans Haas. Teil I. 1992. 8⁰.
Mitteilungen. Bd. IX, Teil 1. 1902. 8⁰.
Festschrift zur Erinnerung an das 25jährige Stiftungsfest. 1902. 8⁰.

Kaiserl. Universität Tokyo (Japan):

The Journal of the College of Science. Vol. XVI, 2—14; Vol. XVII, 3 und No. 7—10; Vol. XVII, part II. 1902. 4⁰.
The Bulletin of the College of Agriculture. Vol. 5, No. 1. 2. 4. 1902. 4⁰.

University of Toronto:

Studies. Biological, Series No. 2. 1901. 4⁰.
Review of Historical Publications rel. to Canada. Vol. VI. 1901. 4⁰.

Université in Toulouse:

Annales du Midi. XIVᵉ Année, No. 51—54. 1902. 4⁰.
Annales de la faculté des sciences. IIᵉ Série. Tom. 3; Tom. 4, fasc. 1. 2. Paris 1901—1902. 4⁰.
Bibliothèque méridionale. 2ᵉ Série. Tom. 7.

Biblioteca e Museo comunale in Trient:

Archivio Trentino. Anno XVII, fasc. und Indice zu I—XVI. 1902. 8⁰.

Kaiser Franz Josef-Museum in Troppau:

Jahresbericht 1901. 1902. 8⁰.

Universität Tübingen:

Wilh. Schmid, Verzeichnis der griech. Handschriften der Universitätsbibliothek Tübingen. 1902. 4⁰.
Christian Seybold, die Drusenschrift Kitàb alnoqat. Kirchheim 1902. 4⁰.

Tufts College Library in Tufts Coll. Mass.:

Studies. No. 7. 1902. 8⁰.

R. Accademia delle scienze in Turin:

Atti. Tom. 37, disp. 11—15. 1902. 8⁰.

K. Universität in Upsala:

Bidrag till Sveriges Medeltidshistoria, tillegnade. C. G. Malmström. 1902. 8⁰.
Eranos. Acta philologica suecanea. Vol. 4, fasc. 2—4. 1902. 8⁰.
Urkunder och Töfattningar angående Donationer vid Upsala K. Universitet. 1902. 8⁰.
Schriften aus dem Jahre 1901/02 in 4⁰ u. 8⁰.

Provincial Utrechtsch Genootschap in Utrecht:

Aanteekeningen 1902. 8⁰.
Verslag 1902. 8⁰.

Physiologisch Laboratorium der Hoogeschool in Utrecht:

Onderzoekingen. V. Reeks. IV, 1. 1902. 8⁰.

Ateneo Veneto in Venedig:

L'Ateneo Veneto. Anno XXI, Vol. 1, fasc. 3; Vol. 2, fasc. 1—3; Anno XXII, Vol. 1, fasc. 1—3; Vol. 2, fasc. 1—3. 1898—1899. 8⁰.

R. Istituto Veneto di scienze in Venedig:

Atti. Tom. 56, disp. 8—10; Tom. 58, disp. 1—5; Tom. 59, disp. 1. 2 und Suppl. al Tom. 57. 1897—1898. 8⁰.

Memorie. Vol. XXVI, No. 3—5. 1899. 4⁰.

Accademia di Scienze in Verona:

Atti e Memorie. Serie IV. Vol. II. 1901—1902. gr. 8⁰.

Mathematisch-physikalische Gesellschaft in Warschau:

Prace Matematyczno-fizycne. Tom. 13. 1902. 8⁰.

National Academy of Sciences in Washington:

Memoirs. Vol. VIII, 6th Memoir. 1902. 4⁰.

Bureau of American Ethnology in Washington:

Bulletin. No. 26. 1902. 4⁰.

U. S. Departement of Agriculture in Washington:

North American Fauna. No. 22. 1902. 8⁰.

Yearbook 1901. 1902. 8⁰.

Smithsonian Institution in Washington:

Annual Report of the U. S. National Museum. 1899—1900. 1902. 8⁰.

Smithsonian Miscellaneous Collections. No. 1174. 1259. 1312—1314. 1902. 8⁰.

U. S. Naval Observatory in Washington:

Publications. Vol. II. 1902. 4⁰.

U. S. Coast and Geodetic Survey in Washington:

Report 1899/1900. 1901. 4⁰.

Annual Report for 1901. 1902. 4⁰.

The Eastern oblique Arc of the United States. 1902. 4⁰.

United States Geological Survey in Washington:

Bulletins. No. 177—190; No. 192—194. 1901—1902. 8⁰.

21th Annual Report 1899—1900. Part 5 und 7. 1900. 4⁰.

The Geology and Mineral Resources of the Copper River District, Alaska. 1901. 4⁰.

Reconnaissances in the Cape Nome and Nordon Bay Regions, Alaska, in 1900. 1901. 4⁰.

Mineral Resources of the United States 1900. 1901. 8⁰.

K. Akademie für Landwirtschaft und Brauerei in Weihenstephan:

Bericht für das Jahr 1901/02. Freising 1902. 8⁰.

Savigny-Stiftung in Weimar:

Zeitschrift für Rechtsgeschichte. 23. Bd. der romanistischen und der germanistischen Abteilung. Weimar 1902. 8⁰.

Kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Wien:

Südarabische Expedition. Bd. III. IV. 1901. 4⁰.

Sitzungsberichte. Mathem.-naturwissensch. Classe.
Abt. I, Bd. 110, Heft 5—7.
„ IIa, „ 110, „ 8—10.
„ IIb, „ 110, „ 8. 9.
„ III, „ 110, „ 1—10. 1901. 8⁰.

Denkschriften. Philos.-hist. Classe. Bd. 47.

Denkschriften. Mathem.-naturwissensch. Classe. Bd. 70. 1902. 4⁰.

Archiv für österreichische Geschichte. Bd. 91, 1. Hälfte. 1902. 8⁰.

K. K. geologische Reichsanstalt in Wien:

Verhandlungen 1902. No. 7—10. 4⁰.
Abhandlungen. Bd. VI, Abt. 1, Suppl.-Heft. 1902. fol.
Mitteilungen der Erdbebenkommission. N. F. No. 7. 8. 1902. 8⁰.

K. K. Zentralanstalt für Meteorologie in Wien:

Jahrbücher. Bd. 47. Jahrg. 1902. (N. F. Bd. 39.) 1902. 4⁰.

K. K. Gesellschaft der Aerzte in Wien:

Wiener klinische Wochenschrift. 1902, No. 29—52. 4⁰.

Zoologisch-botanische Gesellschaft in Wien:

Verhandlungen. Bd. 52, Heft 6—10. 1902. 8⁰.
Abhandlungen. Bd. II, Heft 1. 1902. 4⁰.

K. K. Oesterr. archäologisches Institut in Wien:

Sonderschriften. Bd. III. Kleinasiatische Münzen von F. Imhoof-Blumer. 1902. 4⁰.

K. K. militär-geographisches Institut in Wien:

Astronomisch-geodätische Arbeiten. Bd. XVIII. Wien 1902. 4⁰.

K. K. naturhistorisches Hofmuseum in Wien:

Annalen. Bd. XVII, 1. 2. 1902. gr. 8⁰.

K. K. Universität in Wien:

Schriften aus dem Jahre 1901/02.

K. K. Sternwarte in Wien:

Annalen. Bd. XIV. XVII. 1900—1902. 4⁰.

Nassauischer Verein für Naturkunde in Wiesbaden:

Jahrbücher. Jahrg. 55. 1902. 8⁰.

Physikalisch-medizinische Gesellschaft in Würzburg:

Verhandlungen. N. F. Bd. XXXV, No. 2. 3. 1902. 8⁰.
Sitzungsberichte. Jahrg. 1901, No. 5—7; 1902, No. 1. 2. 1901—1902. 8⁰.

Schweizerische meteorologische Zentralanstalt in Zürich:

Annalen 35. Jahrg. 1900. 4⁰.

Naturforschende Gesellschaft in Zürich:

Vierteljahrsschrift. 47. Jahrg., Heft 1. 2. 1902. 8⁰.

Schweizerische geologische Kommission in Zürich:

Materiaux pour la carte géologique de la Suisse. N. Sér. Livr. XIII. Berne 1902. 4⁰.

Schweizerisches Landesmuseum in Zürich:

Anzeiger für Schweizerische Altertumskunde. N. F. Bd. IV, No. 1. 1902. gr. 8⁰.
J. R. Rahn, Zur Statistik schweiz. Kunstdenkmäler. Bogen XV. 1902. gr. 8⁰.
10. Jahresbericht 1901. 1902. 8⁰.

Sternwarte des eidgenössischen Polytechnikums in Zürich:

Publikationen. Bd. III. 1902. 4⁰.

Universität in Zürich:

Schriften aus dem Jahre 1901/02 in 4⁰ u. 8⁰.

Von folgenden Privatpersonen:

Henrik Afzelius in Stockholm:

Erik Benzelius II. Stockholm 1902. 8°.

Buchhandlung Joh. Ambrosius Barth in Leipzig:

Beiblätter zu den Annalen der Physik. 1902, No. 8—12. Leipzig 1902. 8°.
Journal für praktische Chemie. N. F. Bd. 65, Heft 11; Bd. 66, Heft 1—10. Leipzig 1902. 8°.

Franz Bayberger in München:

Geographische Studien über das nordwestpfälzische Lauterthal. Dürkheim 1902. 8°.

Verlagsbuchhandlung Gustav Fischer in Jena:

Naturwissenschaftliche Wochenschrift. 1902, Bd. 17, No. 41—52; Bd. 18, No. 1—13. Jena. 4°.

W. Gallenkamp in München:

Eine neue Bestimmung von Kapillaritätskonstanten mit Adhäsionsplatten Leipzig 1902. 8°.

P. J. M. van Gils in Herzogenroth (Rheinprovinz):

Quaestiones Euhemereae. Amsterdam 1902. 8°.

Mme Godin in Guise (Aisne):

Le Devoir. Tom. 26 (Juli—Dec.). 1902. 8°.

Ernst Haeckel in Jena:

Kunstformen der Natur. Liefg. VII. Leipzig 1902. fol.

Adolf Harnack in Berlin:

Die Mission und Ausbreitung des Christentums in den ersten drei Jahrhunderten. Leipzig 1902. 8°.

G. N. Hatzidakis in Athen:

Ἀκαδημεικα ἀναγνώσματα. Tom. I. 1902. 8°.

Lachiche Hugues in Port-Louis, Maurice:

Un seul champignon sur le globe! (sur les maladies des plantes). Port Louis. 1902. 8°.

Charles Janet in Paris:

Notes sur les fourmis et les guèpes. Extraits des Comptes rendus des Séances de l'Académie des Sciences. Paris 1894—1900. 4°.

O. Kienitz und K. Wagner in Karlsruhe:

Literatur der Landes- und Volkskunde des Grossherzogtums Baden. Karlsruhe 1901. 8°.

A. Kölliker in Würzburg:

Ueber die oberflächlichen Nervenkerne im Marke der Vögel und Reptilien. Leipzig 1902. 8°.

*

Karl Krumbacher in München:

Byzantinische Zeitschrift. Bd. XI, Heft 3. 4. Leipzig 1902. 8⁰.
Byzantinisches Archiv. Heft 3. 1903. 8⁰.

Langenscheidt'sche Verlagsbuchhandlung in Berlin:

Brieflicher Sprach- und Sprechunterricht für das Selbststudium der Russischen Sprache. Liefg. 1—23. Berlin. 8⁰.

O. Loew in Tokyo:

4 Separatabdrücke (zur Landwirtschaftskunde). 1902. 4⁰.

Paul Maas in München:

Studien zum poetischen Plural bei den Römern. Leipzig 1902. 8⁰.

Arthur Macdonald in Washington:

A Plan for the Study of Man. 1902. 8⁰.

Gabriel Monod in Versailles:

Revue historique. Année XXVII, Tom. 80, 1902, I., Sept.—Oct.; II., Nov. — Déc. Paris. 8⁰.

Gustav Niederlein in Philadelphia:

Resources végétales des Colonies Françaises. Paris 1902. fol.

Eugen Oberhummer in München:

Konstantinopel unter Suleiman dem Grossen. München 1902. fol.
Die Insel Cypern. München 1903. 8⁰.

Friedr. Aug. Otto in Düsseldorf:

Ein Problem der Rechenkunst. Düsseldorf 1902. 8⁰.

Carlo Pascal in Catania:

1. De Metamorphoseon locis quisbusdam. 2. Osservazioni sul primo libro di Lucrezio Puntata I. 3. Di una fonte greca del Somnium Scipionis di Cicerone. 1902. 8⁰.

Verlagsbuchhandlung Dietrich Reimer in Berlin:

Zeitschrift für afrikanische, ozeanische und ostasiatische Sprachen. Jahrgang VI, Heft 2. 3. Berlin 1902. 8⁰.

Gustav Retzius in Stockholm:

Anthropologia Suecica. Stockholm 1902. fol.

Saint-Lager in Lyon:

Histoire de l'Abrotonum. Paris 1900. 8⁰.
La Perfidie des Synonymes dévoilée à propos d'un Astragale. Lyon 1901. 8⁰.

Lucian Scherman in München:

Orientalische Bibliographie. Jahrg. XV, Heft 1—3. Berlin 1902. 8⁰.

Verlag der vereinigten Druckereien u. Kunstanstalten, vorm. Schön & Maison in München:

Monatsberichte über Kunstwissenschaft und Kunsthandel. Jahrg. 2, Heft 4 bis 12. 4⁰.

Richard Schröder in Heidelberg:

Lehrbuch der deutschen Rechtsgeschichte. 4. verbesserte Auflage. Leipzig 1902. 8⁰.

Franz Eilhard Schulze in Berlin:

An Account of the Indian Triaxonia. Calcutta 1902. 4⁰.

Verlag von Seitz & Schauer in München:

Deutsche Praxis. 1902, No. 14—24. München. 8⁰.

B. G. Teubner in Leipzig:

Encyklopädie der mathematischen Wissenschaften. Bd. III, Heft I; Bd. IV, 1, Heft 2; Bd. I, Heft 7. Leipzig 1902. 8⁰.
Archiv der Mathematik und Physik. III. Reihe, 3. Bd., Heft 3. 4; Bd. 4, Heft 1. 2. Leipzig 1902. gr. 8⁰.
Thesaurus linguae latinae. Vol. I, fasc. 5 und Vol. II, fasc. 4. Lipsiae 1902. 4⁰.

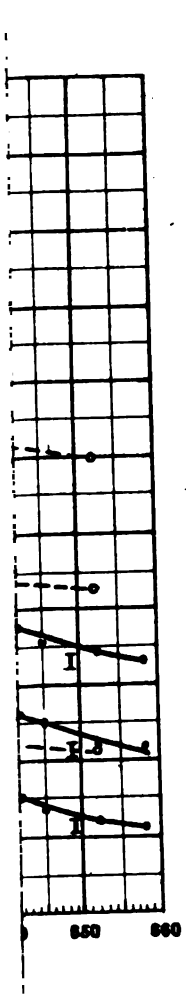
E. v. Wölfflin in München:

Archiv für lateinische Lexikographie. Bd. XIII, 1. Leipzig 1902. 8⁰.

A. Wolfer in Zürich:

Revision of Wolfs Sun-Spot relative numbers (Sep.-Abdr.). 1902. 4⁰.

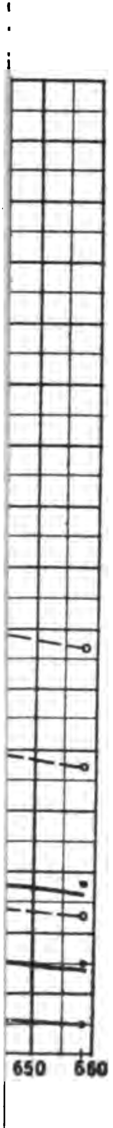
Sa Taf. II.



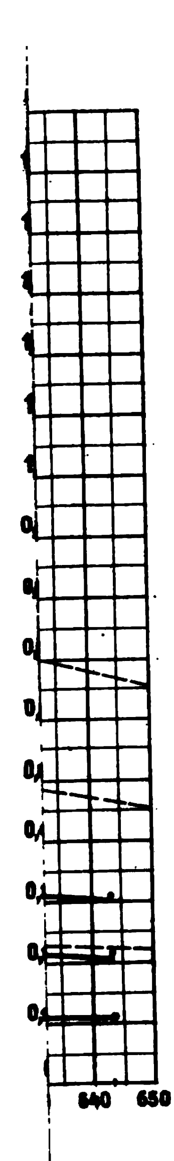
1902.

Lith. Anst. Hubert Köhler, München.

Schmauss, *Taf. IV.*

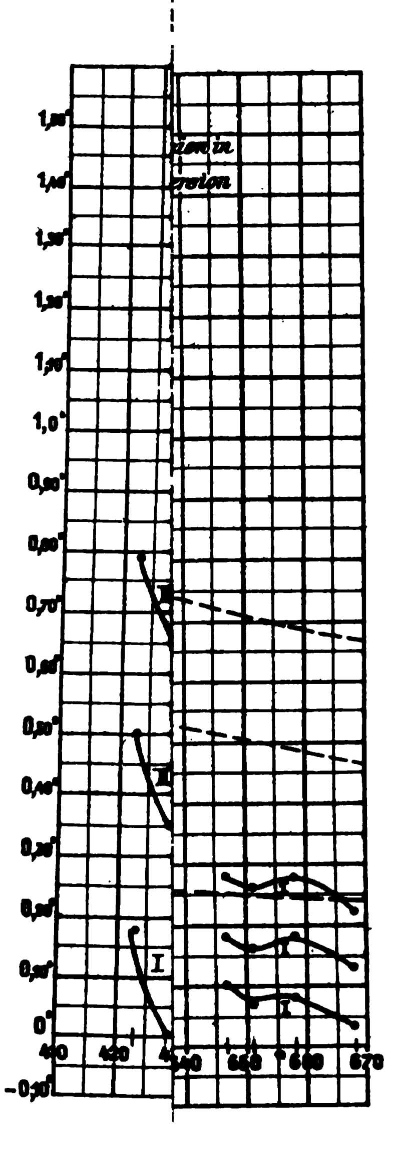


Lith. Anst. Hubert Köhler, München.

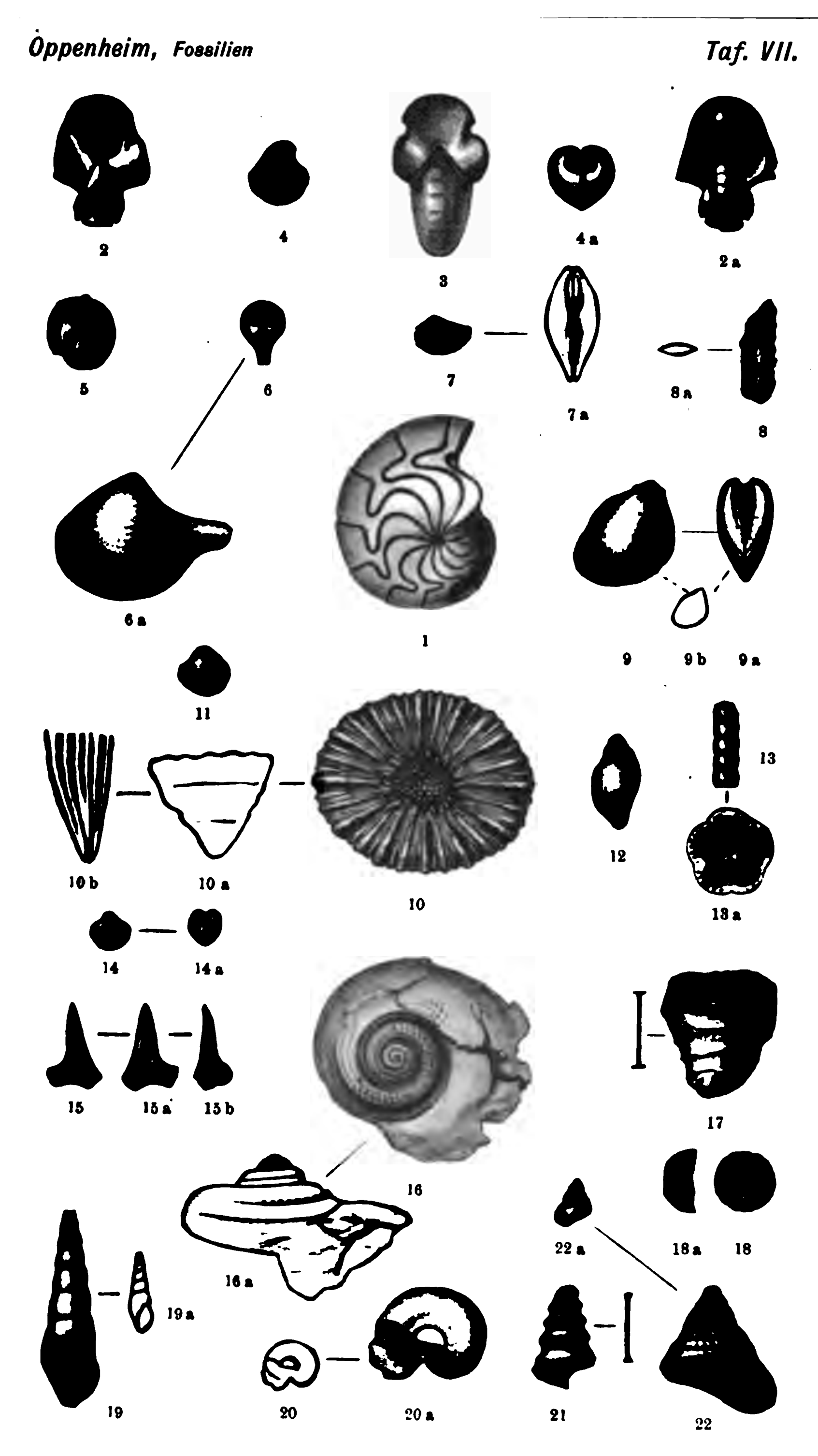


Anst. Hubert Köhler, München.

Schmaus Taf. VI.



Anst. Hubert Köhler, München.



Arth. Levin del. Reprod. von J. B. Obernetter, München.

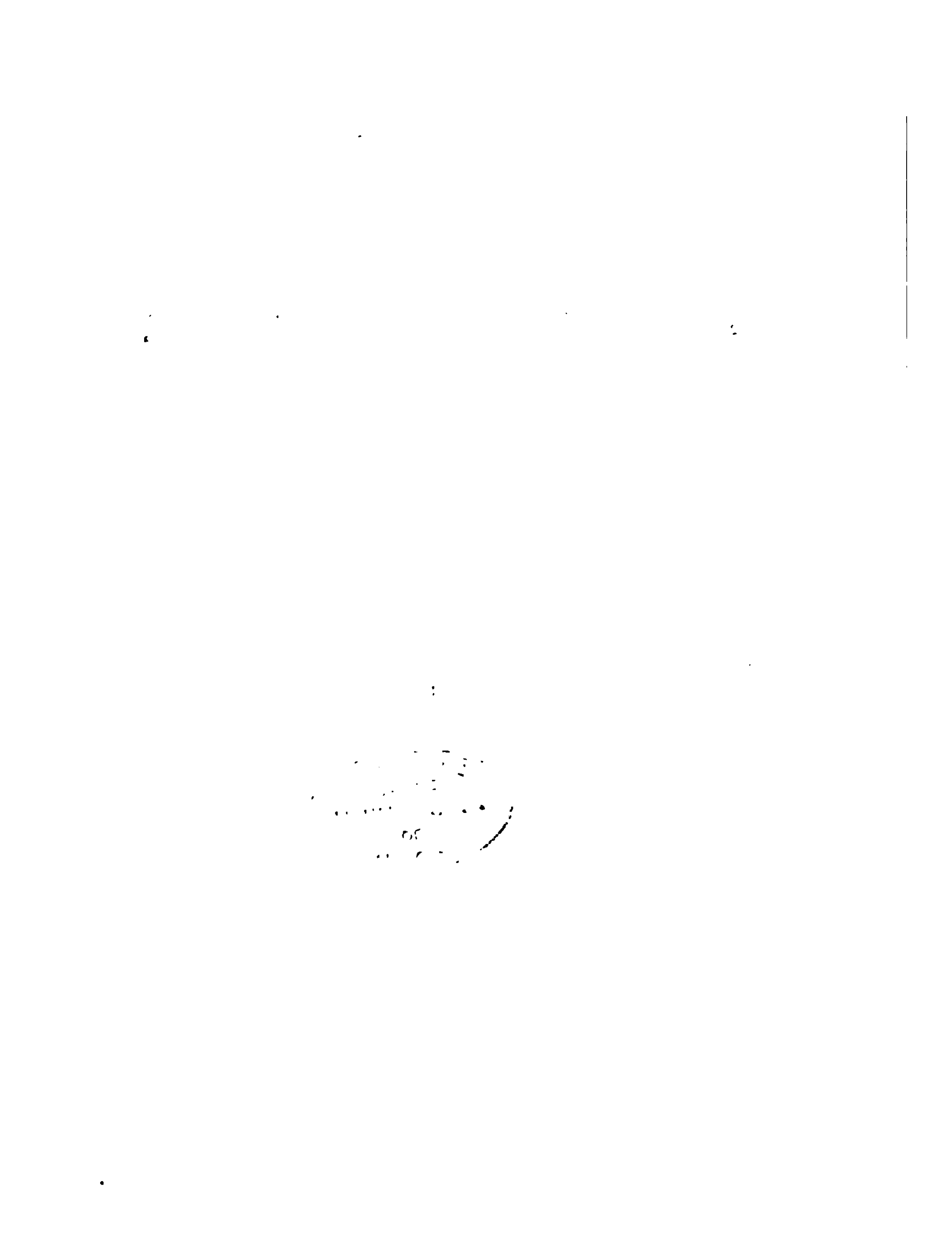
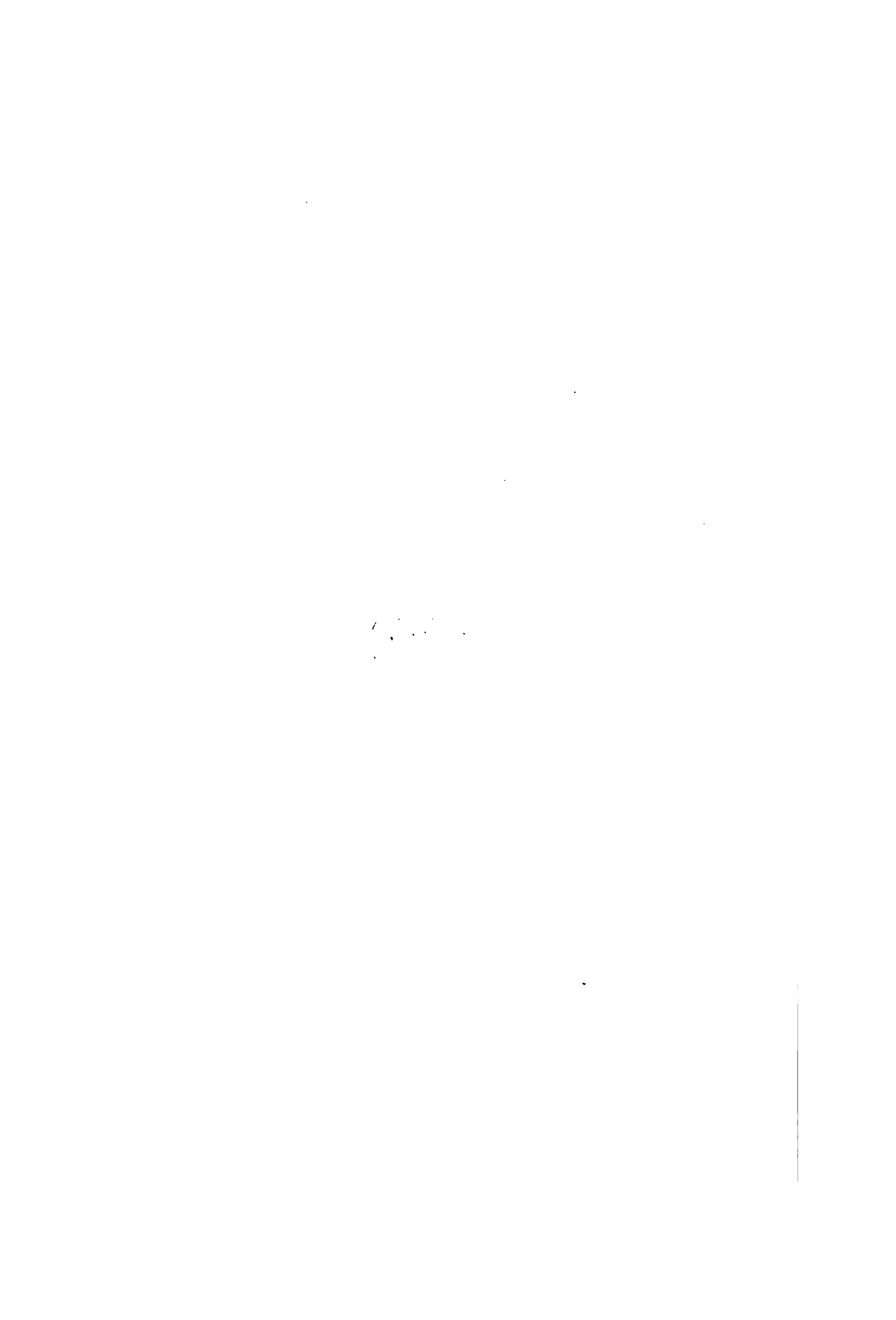


Fig. 1

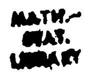


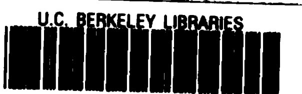
Fig. 2








MATH.-
STAT.
LIBRARY


U.C. BERKELEY LIBRARIES
C036240659

